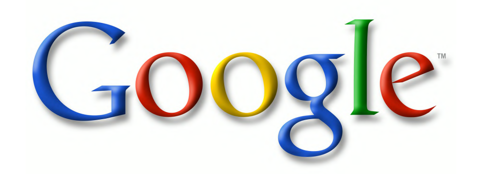
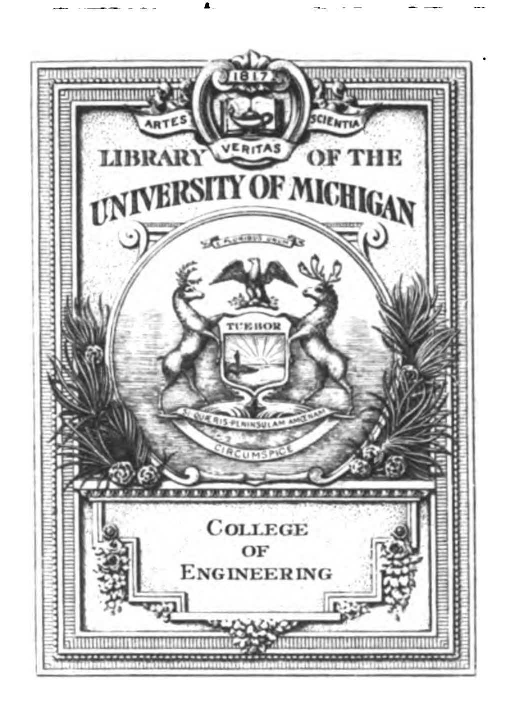



1817
ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
TUEBOR
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE
COLLEGE
OF
ENGINEERING



Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

62. Jahrgang

1941

I. Halbjahr

Berlin

Im Buchhandel durch Julius Springer

1941

Inhaltsverzeichnis

(I. Halbjahr 1941)

A. Sachverzeichnis

Zeichenerklärung: * = größerer Aufsatz. — Brf. = Brief an die ETZ. — B. = Berichtigung. — Vortr. = Vortrag. — Bespr. = Besprechung. *Arch.* = Archiv f. Elektrotechn. — *E u M* = Elektrotechnik und Maschinenbau.
Alle Zeichen stehen vor der Seitenzahl. Weitere Abkürzungen s. Abt. A IV, VDE.

I. Aufsätze, Rundschau und kleinere Mitteilungen







II. Persönliches

III. Schrifttum

Elektrotechnische Zeitschrift (ETZ)

Bücher

Buchbesprechungen



IV. Verbandsnachrichten

Verband Deutscher Elektrotechniker

VDE-Bestimmungen

(Änd. = Änderungen und Nachträge zu früheren Fassungen und bestehenden Bestimmungen. Entw. = vollständiger Abdruck von Entwürfen.)

Normblätter



Prüfstelle des VDE

Verschiedenes

Bezirk Berlin

(vormals Elektrotechnischer Verein)

Einladungen

Vorträge

Andere Bezirke des VDE und andere Vereine

V. Geschäftliche Mitteilungen

Elektroindustrie

Jahresberichten — Aus den — deutscher Elektrizitätswerke

B. Namenverzeichnis

Die Verfasser von Büchern sind nicht in diesem Verzeichnis, sondern unter Abteilung A III des Sachverzeichnisses aufgeführt. Persönliche Nachrichten siehe unter Abteilung A II des Sachverzeichnisses.

Zeichenerklärung: * = größerer Aufsatz. — Brf. = Brief an die ETZ. — B. = Berichtigung. — Vortr. = Vortrag. — Bespr. = Besprechung. *Arch.* = Archiv f. Elektrotechn. — *E u M* = Elektrotechnik und Maschinenbau. — Alle Zeichen stehen vor der Seitenzahl.


Digitized by Google



Elektrotechnische Zeitschrift
(Zentralblatt für Elektrotechnik)
Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894
Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.
Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9
62. Jahrgang | Berlin, 2. Januar 1941 | Heft 1

Rückblick und Ausblick

Von Hans Führer VDE, München

Das verflossene Jahr 1940 hat für das deutsche Volk als einer der bisher stolzesten Zeitabschnitte zu gelten. In der Geschichte der deutschen Menschen sind die Siege und Erfolge, ist der Aufstieg der deutschen Technik einmalig. All die Siege und Erfolge in Verbindung mit den besten Soldaten der Welt sind nicht denkbar ohne die Technik, geführt von deutschen Ingenieuren, und ohne die Chemie, die deutsche Chemiker auf eine unerreichbare Höhe gebracht haben.

In der großen deutschen Technik nimmt die Elektrotechnik einen bedeutenden Raum ein. Sie ist jung gegenüber den anderen Erkenntnissen und Praktiken. Sie hat aber dafür in einem verhältnismäßig kurzen Zeitraum ein breites Gebiet in der Anwendung und einen großen Aufstieg aufzuweisen. Wie immer in einem Krieg, hat auch in diesem Krieg die Elektrotechnik eine große Rolle zu spielen, und entsprechend der mannigfaltigen Aufgaben wurden wie zu keiner Zeit zahlreiche Erfindungen auf dem Gebiet der Elektrotechnik gemacht, die in ihrer Größe und Bedeutung Symbol unserer vorwärtsstürmenden und siegesbewußten Zeit sind. Alle die Entwicklungen und Erfindungen, alle Konstruktionen und Leistungen unserer Elektroingenieure entsprechen dem Geist unserer Zeit. Sie entsprechen dem Willen, nicht zurückzustehen gegenüber allen anderen, die uns Vorbild sind.

Noch nie hat sich deshalb eine Einrichtung wie das Vorschriftenwerk des Verbandes Deutscher Elektrotechniker so besonders bewährt wie in der Gegenwart. Die besonderen Verhältnisse, wie die Einschränkung der Einfuhr während des Krieges, die Art der Rohstoffverteilung, die Begrenzung der Betriebsmittel gegenüber dem starken Anschwellen der Bedürfnisse und Aufträge und nicht zuletzt die zahlreichen Erfindungen und die Erweiterungen in bisher unbekanntem Ausmaß machen es besonders notwendig, die dadurch entstehenden Gegebenheiten in der Fabrikation, in der Installation und im Betrieb durch die besten Männer der Elektrotechnik laufend zu beobachten und die Erfahrungen in den Arbeitsausschüssen auf dem schnellsten Wege für die Sicherheitsbestimmungen und -einrichtungen auszuwerten. Zwischen dem Erfahrensmann und dem Verfasser der Bestimmungen für die Sicherheit elektrotechnischer Anlagen gibt es durch die besondere Organisation im Verband Deutscher Elektrotechniker keinen Mittelsmann mehr, so daß nicht nur die absolute Gewähr gegeben ist, daß aus dem täglichen Erleben in der Elektrotechnik die richtigen Schlußfolgerungen gezogen werden, sondern daß diese Schlußfolgerungen auch in der vorwärtsstürmenden Zeit, die in ihren mannigfaltigen Anforderungen charakteristisch ist, auch rechtzeitig zur Auswirkung kommen. Kein amtlicher Apparat kann in einem solchen Falle auch nur annähernd die Gewähr hinsichtlich ihrer kurzzeitigen Auswirkung der dauernd sich ergänzenden Erfahrungen und Erkenntnisse geben. Wenn alle Einrichtungen des Verbandes Deutscher Elektrotechniker in dem großen Kriegsjahr 1940 auf diesem Gebiet nicht nur nicht versagt haben, sondern auf eine erfolgreiche Arbeit zurückblicken können, so muß heute zu Beginn des neuen Jahres gesagt werden, daß die kommende Zeit vielleicht noch mehr und noch größere Anforderungen stellen wird, daß alle Männer trotz ihrer beruflichen Inanspruchnahme in den Industrien und in den energiewirtschaftlichen Betrieben die Zeit finden müssen, an einem Werke mit teilzunehmen, das ausschließlich dem Wohle des deutschen Volkes dient. Die bisherige Arbeitsweise hat unter Beweis gestellt, daß der hohe Gedanke, dem Allgemeinwohl zu dienen, allein richtungweisend ist, und daß persönliche und wirtschaftliche Vorteile zurücktreten müssen. Die Besetzung dieser Ausschüsse war und ist also nicht nur eine Frage nach dem hervorragenden und betriebserfahrenen Elektrotechniker, sondern in erster Linie — wie das wiederum unserer Zeit entspricht — eine Frage nach dem einwandfreien Charakter.

Neben dem Vorschriftenwerk hat sich der Verband Deutscher Elektrotechniker in gesteigertem Maße um die wissenschaftliche Seite der Elektrotechnik bemüht. Ihr fallen in dieser Zeit besonders wichtige Aufgaben zu. Es handelt sich hier nicht um das Vorwärtstreiben der absoluten Wissenschaft auf dem Gebiet der Elektrotechnik, sondern wiederum ist es das tägliche Leben des deutschen Volkes, sein Kampf um die Freiheit, der Aufbau seiner Produktionsstätten, an denen der deutsche Arbeiter Werte schafft, die in sich steigendem Maße den Wohlstand des Volkes fördern. Hier schaltet sich die Wissenschaft ein, bewußt an ein Ziel gebunden, und die Männer, die dieser Wissenschaft dienen, haben den Willen, damit dem Volke zu dienen. Wesentlich verschieden ist der Charakter der Arbeit unserer Männer der Wissenschaft in der Gegenwart gegenüber jener Zeit, in der man wissenschaftliche Erfolge nur als solche und nicht nach ihrer Bedeutung für die Gesamtheit wertete. Der Verband Deutscher Elektrotechniker nennt sich ganz mit Recht: technisch-wissenschaftlicher Verein.

Die Tendenzen, die charakterliche Grundeinstellung zu den Aufgaben, die den Männern des VDE gegeben sind, ergeben ganz von selbst, daß dieser Verband zu einem Teil des Nationalsozialistischen Bundes Deutscher Technik geworden ist, dessen Führer, unser Parteigenosse Dr. Todt, der erste Techniker des Reiches ist. Es kann gar nicht anders sein, als daß der den Verband beseelende

Geist der Zeit des nationalsozialistischen Aufbruches entspricht, und daß lediglich nur noch aus juristischen Gründen die äußere Form des Vereins noch gegeben ist, während die Männer darin schon längst als eine geschlossene Gruppe in einer großen Front der Technik stehen.

Deshalb ist es auch nicht so, daß derjenige, der in den VDE aufgenommen wird, damit Vereinsmitglied wird, um für seine Vereinsbeiträge nach Mark und Pfennig Gegenleistungen zu beanspruchen, sondern er tritt als deutscher Ingenieur in eine ideelle Gemeinschaft ein und bekundet, den Geist der Zeit verstanden zu haben und stellt darüber hinaus den Willen zur Mitarbeit an unserem großen Aufbauwerk unter Beweis.

Fast sieben Millionen Arbeitslose wurden am Ende des Jahres 1932 gezählt, und vielleicht waren es damals nochmal soviele, die amtlich als Arbeitslose oder beschränkt Beschäftigte nicht geführt wurden. Mit der Machtübernahme 1933 nahm die Zahl der Arbeitslosen von Monat zu Monat in sich steigerndem Maße ab und schon im Jahr 1937 machte sich ein gewisser Mangel nicht nur an Arbeitern, sondern auch an Technikern bemerkbar. Im Aufbau des Reiches entstanden nicht nur neue Dienststellen, die mit Technikern zu besetzen waren, sondern die Industrie wurde immer mehr dem Bedarf an Gütern entsprechend durch neue Betriebe erweitert. Obgleich an den deutschen Hochschulen die Hörsäle bis zum letzten Platz besetzt waren, stieg der Mangel an deutschen Technikern und Ingenieuren von Jahr zu Jahr. Wiederum gerade in der Elektrotechnik, die das große Gebiet des Nachrichtenwesens, das mit dem Aufbau unserer deutschen Wehrmacht immer mehr zunahm, zu betreuen hat, war der Bedarf an Elektrotechnikern ins Unermeßliche gestiegen. Es ist charakteristisch für die Lage Deutschlands, wenn jetzt im Krieg der Mangel an Kräften erst recht ansteigt, während in England die Arbeitslosigkeit zunimmt. Der Verband Deutscher Elektrotechniker hat der Entwicklung nicht müßig zugesehen und hat sich in der Heranbildung und Betreuung des Nachwuchses besonders betätigt. Nicht nur, daß für die Ergreifung des Ingenieurberufes eine gewisse Propaganda geführt wurde, ferner in einem besonderen Vortragswesen dem Nachwuchs die neuesten Erkenntnisse in der Elektrotechnik vermittelt wurden, sondern dem fertigen Ingenieur, der von der Schule kommt, werden laufend aus der Praxis heraus die wichtigsten Erkenntnisse vermittelt, um den deutschen Elektroingenieur in seiner Leistung zu steigern und dadurch den zahlenmäßigen Mangel an Elektrotechnikern auszugleichen. Mit Gewissenhaftigkeit wurde deshalb die Leistungsfähigkeit der jüngeren Elektrotechniker beobachtet und die Erfahrungen mit entsprechenden Vorschlägen den zuständigen Stellen bekanntgegeben.

Die Sorge um den Nachwuchs findet ihre Erweiterung in der steten Fortbildung der älterer Elektrotechniker und in der modernsten Ausbildung im Elektrohandwerk. In Zusammenarbeit mit der Industrie wurden vielerorts Lehrwerkstätten und Lehrstellen eingerichtet. Ich erinnere nur an die vorbildlichen Ausbildungsstätten in der Elektro-Schweißtechnik.

Es braucht nicht besonders betont zu werden, daß die vorbildliche Arbeit des VDE auch ihre gebührende Anerkennung im Ausland findet. Nicht allein, daß das Vorschriftenwerk Richtschnur für die Bestimmungen im Ausland ist, sondern die gediegene Arbeit für die deutsche Industrie ist ihre beste Empfehlung. Auf dem europäischen Kontinent haben sich trotz des Krieges gute Beziehungen angebahnt.

Wie groß die Aufgaben über das oben angeführte Sachgebiet hinaus sind, mag zur Erkenntnis kommen in der Tatsache, daß im NSBDT. der VDE eine Gemeinschaft in der Fachgruppe Energiewissenschaft darstellt. Diese Gemeinschaft ist bereit, mit den mit ihr verbundenen Nebengemeinschaften — Gas- und Wasser- und Lichttechnik — übergeordnete Fragen zu lösen, wo sie einer gesunden Entwicklung der Technik und dem öffentlichen Wohl entsprechen. Wie beim Vorschriftenwerk der Betriebsmann und der Privatwirtschaftler in seinem Ausschuß nur gewissentlich im öffentlichen Interesse entscheidet, so müssen der Gasmann und der Elektrotechniker z. B. gewissenhaft, ohne Störungen in den einzelnen Gebieten hervorzurufen, das Beste zu ergründen suchen. Wir sehen daraus, daß alle Verbände, und so auch der Verband Deutscher Elektrotechniker, in der Zeit Adolf Hitlers weit über ihre Gründungsaufgaben hinausgewachsen sind und daß es hieße, die Größe unserer Zeit nicht zu verstehen, wollte man noch um formale Dinge oder um Althergebrachtes streiten.

Vielleicht hat kein Beruf so sehr das Glück und die Freude, die Erfolge und den Aufstieg unserer Zeit erleben und sogar daran teilnehmen zu dürfen wie der deutsche Ingenieur. Die Ehrfurcht vor der Größe unseres Führers und dem Ziel, das uns der Führer steckt, gebietet uns allen nur das Eine: ihm und seiner Idee zu folgen. Wenn das Jahr 1941 noch weit größere Aufgaben bringt, und wenn uns dieses Jahr noch mehr in Anspruch nimmt als das vergangene, so bin ich überzeugt, daß der deutsche Mensch überhaupt und insonderseit der deutsche Arbeiter und der deutsche Ingenieur Ungeheures leisten können, wenn sie innerlich mit dem ganzen Herzen dabei sind, d. h. wenn sie die Größe und die Summe aller Leistungen wirklich so erleben, wie wir es in unserer Zeit überhaupt erleben können.

Die Entwicklung der Arbeit im VDE und die Steigerung der Aufgaben des Verbandes geben natürlich das Gesamtbild der letzten Entwicklung der Organisation der Technik im allgemeinen wieder. Der NSBDT. ist in der Zeit der Machtübernahme nicht entstanden nach einer restlosen Auflösung aller Verbände der Technik, sondern mit dem Anwachsen höherer Aufgaben außerhalb des Rahmens der bisherigen Wirtschaftstechnik ist eine Umgestaltung eingeleitet worden, die vielleicht erst dann ihren Abschluß findet, wenn der Führer den Schlußbefehl für den Bau seines Reiches gegeben hat. Da die Technik überall im täglichen Leben, in der Landesverteidigung und in der Politik eine Hauptrolle für den Inhalt unserer Zeit spielt, und wir bisher nur mit Bewunderung und gläubigem Herzen dem Führer folgen konnten, und er wiederum seine Anweisungen nur aus den zeitlichen Gegebenheiten für den nächsten Zeitabschnitt gibt, so können wir in der Entwicklung einer praktisch wertvollen Organisation der Technik immer nur von Abschnitt zu Abschnitt diejenigen notwendigen Veränderungen und Verbesserungen vornehmen, die sich aus den Erfahrungen und der bisherigen Arbeit ergeben. Es genügt vollkommen, wenn der deutsche Techniker den richtigen Blick für die Entwicklung der Dinge und das richtige Verständnis für die Notwendigkeit einer dauernden Veränderung der Organisation der Technik besitzt. Wenn er darüber hinaus gestaltend mitwirkt, so wird er zu dem politischen Leiter in der Technik, der seine Kameraden bei den Männern der Ämter für Technik findet. Es ist also nicht denkbar, daß es einen praktisch brauchbaren Verein in der Technik gibt, der nicht ganz von selbst den Anschluß an die Partei, d. h. den Anschluß an die von der Partei beauftragten Männer gefunden hat. Der Erste in der Technik ist der Parteigenosse Dr. Todt, und seine Führerstellung in der Technik ist gekennzeichnet nicht zunächst mit dem Auftrag, die deutschen Techniker in einer Organisation zu sammeln, sondern mit noch nie dagewesenen praktischen Aufgaben in der Technik, die er jedesmal im Sinne des Führers zu lösen verstand. Er war es auch, der ganz entgegen der restlosen Auflösungsmaßnahmen bei den anderen Berufsvereinen, das weit verzweigte und schwierige Wesen der Technik erkennend, oft gegen das Drängen mancher Heißsporne unter seinen Mitarbeitern jedes „Organisieren" ablehnte und der Entwicklung der Organisation der Technik den Charakter der stetig wachsenden Bedeutung der Technik im Leben des deutschen Volkes aufzwang.

Der Kontaktumformer

Von **Floris Koppelmann VDE**, Berlin

DK 621.314.62

*Übersicht**). Der Aufsatz behandelt zunächst die Frage der Lösung des Schaltproblems der Stromwendung, wobei besonders die Gründe angeführt werden, die beim K-Umformer zur Verwendung von Druckkontakten führten. — Das Einschaltproblem beim K-Umformer und seine Lösung sind eingehend besprochen. Anhand von ausgeführten Konstruktionen wird dann die Verwirklichung der vorhergehenden theoretischen Ausführungen gezeigt. Auffallend sind der geringe Werkstoffaufwand und der hohe Wirkungsgrad des K-Umformers. Die Rechtfertigung der Neuentwicklung liegt grade in diesen beiden Vorzügen, weshalb auf diese besonders eingegangen wird. Abschließend wird das betriebliche Verhalten erläutert.

Seit langem hat man immer wieder versucht, das Problem der Stromrichtung außer mit den bisher bekannten Mitteln auch mit einfachen mechanischen Schaltern zu lösen, weil man sich davon einfache Geräte mit gutem Wirkungsgrad versprach. Abgesehen von ganz kleinen Leistungen ist es jedoch nie gelungen, solche Geräte in größerem Umfang in die Praxis einzuführen. Die einwandfreie Umschaltung großer Ströme mit einfachen mechanischen Schaltern war ein schwieriges Problem.

1. Die Lösung des Schaltproblems der Stromwendung

Bei den bekannten Umformern und Stromrichtern wird die Gleichspannung — im allgemeineren Fall die Spannung der gewünschten neuen Frequenz — aus einer Vielzahl gegeneinander phasenversetzter Spannungen durch Umschalten erzeugt. Um lückenlosen Strom zu erhalten, muß die neue Phase zugeschaltet werden, bevor die alte abgeschaltet wird. Während der Zeit, da beide Phasen eingeschaltet sind, besteht ein Kurzschluß dieser Phasenspannungen. Aufgabe der Schalteinrichtung ist es, den entstehenden Kurzschlußstrom in dem Augenblick, in dem er in der alten Phase Null geworden ist und seine Richtung wechseln, also Rückstrom werden will, zu unterbrechen. Das Schaltproblem der Kommutierung lautet: Ein Wechselstrom von der Änderungsgeschwindigkeit des Kurzschlußstromes ist im Nulldurchgang in jeder Phase in der Sekunde 50mal (bei 50 Hz Ausgangsfrequenz) zu unterbrechen. Es leuchtet ein, daß diese Unterbrechung, wenn sie mit einfachen mechanischen Schaltern bewerkstelligt werden soll, zur Vermeidung von Abbrand lichtbogenfrei erfolgen muß.

Dies ist aus folgenden Gründen schwierig:

1. Öffnet der Schalter auch nur wenig zu früh oder zu spät, so reißt er infolge der großen Änderungsgeschwindigkeit des Wechselstromes im Nulldurchgang unter Umständen schon eine beträchtliche Stromstärke auf, so daß ein Lichtbogen entsteht.
2. Selbst wenn es gelingt, den Augenblick des Nulldurchgangs genau zu treffen, besteht die Gefahr, daß nach erfolgter Unterbrechung durch zu schnelles Anspringen der Sperrspannung ein Lichtbogen neu entsteht.

Es ist interessant, sich einen Augenblick zu vergegenwärtigen, wie dieses Schaltproblem bei den bisherigen Umformern gelöst wurde. Beim Stromwender der Maschinenumformer geschah dies auf folgende Weise:

1. Die Zahl der Wechselphasen wird sehr groß gewählt, so daß die bei der einzelnen Umschaltung zu bewältigende Spannungsdifferenz benachbarter Phasen nur wenige Volt beträgt.
2. Der Verlauf des Kurzschlußstromes während der Umschaltung wird durch den Widerstand der Kohlebürsten in gewünschter Weise beeinflußt.

Durch diese beiden Hilfsmittel erhält die Stromwendung mit Kommutatoren ihre ausgeprägten Vor- und Nachteile: Die Vorteile liegen darin, daß die Unterbrechung sehr sicher und auch mehr oder weniger unabhängig von der im Augenblick der Umschaltung wirkenden Spannung ist. So ist z. B. mit Wendepolen der Energierichtungswechsel unter Stromumkehr mit Maschinenumformern vielfach ohne weiteres möglich. Die große Phasenzahl läßt außerdem die Oberwellenprobleme ganz zurücktreten. Die Nachteile liegen darin, daß infolge der notwendigen feinen Unterteilung der Stromwendung in manchen Fällen der Gesamtspannung, die in einer Maschine zu beherrschen ist, unerwünschte Grenzen gesetzt sind. Außerdem erfordert die Verwendung von Schleifbürsten mit Eigenwiderstand bei großen Stromstärken große Abmessungen des Kommutators, und die Verluste durch Stromwärme und mechanische Reibung sind nicht unbeträchtlich.

Auf ganz andere Weise wird das Problem bei den Ventilstromrichtern gelöst. Hier liegt im Hauptstromkreis ein Element — eben das Ventil —, welches nur in einer Richtung stromdurchlässig ist. Damit löst sich das Schaltproblem von selbst. Der Nachteil dieser Umformer liegt zunächst darin, daß keine idealen Ventile zur Verfügung stehen. Sperrschichten, wie Kupferoxydul, haben merklichen Widerstand in der Durchlaßrichtung und damit Verluste, außerdem nur geringe Spannungsfestigkeit. Gasentladungsventile, wie die Quecksilberdampfvakuumentladung, haben eine Brennspannung von z. B. 10 bis 30 V und dementsprechende Verluste. Außerdem erfordert diese Gasentladung bei großen Strömen (schon wegen der Abführung der Verlustwärme) große Abmessungen der Gefäße. Infolge der geringen Phasenzahl, die mit Rücksicht auf Einfachheit von Gefäß und Umspanner gewählt werden muß, treten die Probleme der Oberwellen, besonders bei der Spannungsregelung, unangenehm in Erscheinung. Insbesondere bei größeren Spannungen sind die Gasentladungsstromrichter den Maschinenumformern aber so überlegen, daß sie sich in den letzten Jahrzehnten in zunehmendem Maße Anwendungsgebiete erobert haben.

Der Kontaktumformer arbeitet wie die Ventilstromrichter mit nur wenigen Phasenspannungen, so daß bei der einzelnen Umschaltung Spannungen von der Größenordnung der Gleichspannung zu sperren sind. Er verwendet dazu mechanische Schalter ohne irgendwelchen nennenswerten Eigenwiderstand, nämlich Druckkontakte aus Kupfer mit Silberauflagen. Um bei solchen Kontakten das Schaltfeuer vollständig zu beseitigen und der Unterbrechung die nötige, von Belastung und Lastschwankungen unbeeinträchtigte Sicherheit zu geben, bedurfte es eines radikalen Mittels. Dieses ist in Bild 1 angedeutet. Durch eine im Hauptstromkreis liegende, normalerweise gesättigte, bei Stromumkehr jedoch sich umsättigende Eisendrossel wird der Wechselstrom in den Nulldurchgängen abgeflacht, so daß aus der mathematischen Null-

*) Vortrag, gehalten in der Bezirksversammlung des VDE Bezirk Berlin am 17. IX. 1940. Siehe auch Seite 16 dieses Heftes.



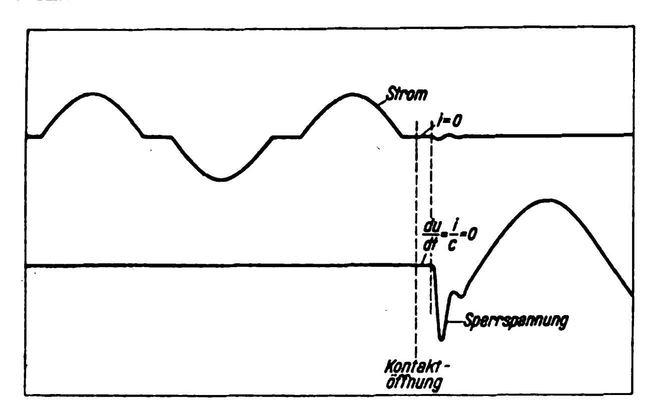


Bild 1. Unterbrechung eines Wechselstromes mit künstlich verbreitetem Stromnulldurchgang. Der Anstieg der Sperrspannung ist während der Dauer der stromlosen Pause Null.

pause eine physikalische von endlicher Dauer wird. Legt man nun den Augenblick der Kontaktöffnung etwa in die Mitte der so geschaffenen Stromstufen, so hat man die beiden oben erwähnten Schwierigkeiten der Unterbrechung beseitigt: Bei kleinen Schwankungen des Öffnungszeitpunktes unterbricht der Schalter immer noch innerhalb der Stufe, also bei sehr kleinem Strom. Schaltet man zum Kontakt einen Nebenweg, z. B. einen Kondensator parallel, so wird gemäß der Gleichung $\mathrm{d}\,u/\mathrm{d}\,t = i/c$ der Anstieg der Sperrspannung während der Stufe — falls der Stufenstrom Null ist — Null. Erst nach Beendigung der Stufe fließt Strom in den Kondensator, so daß erst jetzt eine Spannung am Kontakt entstehen kann. Da mechanische Schalter schon bei Kontaktabständen von Bruchteilen eines Millimeters Spannungsfestigkeiten von 1000 V oder darüber aufweisen, so lassen sich schon bei einer Stufendauer von 10^{-3} s erhebliche Spannungsfestigkeiten erzielen.

Die Bedingung für lichtbogenfreies Schalten läßt sich für Druckkontakte in etwas vereinfachter Form etwa folgendermaßen formulieren: Entweder muß der unterbrochene Strom kleiner sein als größenordnungsmäßig 0,5 A; dann kann die Spannung mit Werten bis rund 300 V beliebig schnell anspringen, oder es muß die anspringende Spannung kleiner sein als größenordnungsmäßig 10 V; dann kann der unterbrochene Strom beliebig groß sein. Vorausgesetzt ist dabei, daß die Sperrspannung in ihrem weiteren Verlauf kleiner bleibt als die Überschlagspannung der Trennstrecke.

Diese Bedingungen lassen sich mit Hilfe der gesättigten Drosseln, die wir als S c h a l t d r o s s e l n bezeichnen, so sicher erfüllen, daß das Schaltproblem umfassend gelöst ist.

Von grundlegender Bedeutung ist, daß der Strom, den die Drosseln während der Stufe durchlassen, u n a b h ä n g i g vom Laststrom ist. Dies zeigt Bild 2, in dem Oszillogramme mit verschieden großem Wechselstrom übereinander geschrieben sind. Die Kontakte haben,

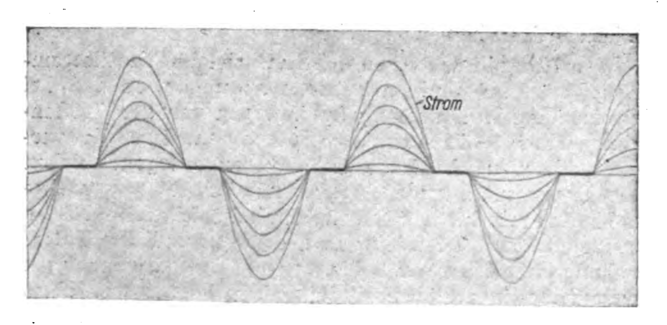


Bild 2. Verlauf des Stromes in einem (induktiven) Stromkreis, welcher eine schon bei kleinen Strömen sich sättigende Eisendrossel (Schaltdrossel) enthält. Es wurden 6 Oszillogramme mit veränderter Luftinduktivität, also verändertem Strom, übereinander geschrieben. Die Dauer der stromlosen Pause ist unabhängig vom Strom.

wenn sie einen solchen Strom innerhalb der Stufe unterbrechen, unabhängig von der Belastung stets nur den geringen Stufenstrom der Schaltdrossel zu schalten. Dies ist einer der Gründe dafür, daß es in verhältnismäßig kurzer Zeit gelungen ist, K-Umformer auch für große Ströme zu bauen.

Die Dauer der Stufe Δt läßt sich auf folgende einfache Weise berechnen:

$$U = w\,q\,\frac{\mathrm{d}\mathfrak{J}}{\mathrm{d}t}$$

$$\int U\,\mathrm{d}t = U_m\,\Delta t = w\,q\int \mathrm{d}\mathfrak{J}$$

$$\Delta t = \frac{w\,q\,2\,\mathfrak{J}_s}{U_m}.$$

Hierin ist w die Windungszahl, q der Eisenquerschnitt, $\mathfrak{J}_s$ die Sättigungsmagnetisierung und U_m die mittlere Spannung an der Drossel während der Umsättigung. Auch Δt ist von der Belastung unabhängig. Durch entsprechende Wahl von Windungszahl und Eisenquerschnitt läßt sich für jede Spannung eine gewünschte Stufenlänge erreichen. Praktisch wird sie z. B. so gewählt, daß unter dem Scheitelwert der verketteten Spannung $\Delta t \approx 10^{-3}$ s ist.

Der Strom während der Stufe ist natürlich nicht vollkommen Null. Vielmehr fließt hier der Magnetisierungsstrom des Eisenkernes der Schaltdrossel. In Bild 3 ist die Magnetisierungskennlinie (Hysteresisschleife) eines für Schaltdrosseln geeigneten Eisenkernes nach einer Messung aufgetragen. An das Eisen werden folgende Anforderungen gestellt:

1. Das Sättigungsknie muß scharf ausgeprägt sein, sonst wird der Leistungsfaktor des Umformers beeinträchtigt. Außerdem verringert sich die Überlastbarkeit, und der induktive Spannungsabfall wird vergrößert.
2. Die Sättigungsmagnetisierung soll möglichst groß sein, damit man mit kleinem Eisenquerschnitt auskommt.
3. Die zur Umsättigung erforderliche Änderung der Amperewindungen soll klein, d. h. die Flanke der Hysteresisschleife steil sein. Andernfalls sind die Stufenströme groß, und die völlige Beseitigung des Schaltfeuers wird schwierig.
4. Obige Forderung muß nicht nur statisch, sondern auch bei Ummagnetisierungsfrequenzen von einigen 100 Hz erfüllt sein.

Diese Bedingungen werden erfüllt von Ringbandkernen aus besonderen Werkstoffen (Eisen-Silizium, Eisen-Nickel), welche nach besonderen Verfahren gewalzt und geglüht werden.

Da der Eisenquerschnitt nur gering ist, spielen die Eisenverluste keine ausschlaggebende Rolle. Wie man sieht, setzt die Ummagnetisierung erst bei negativen

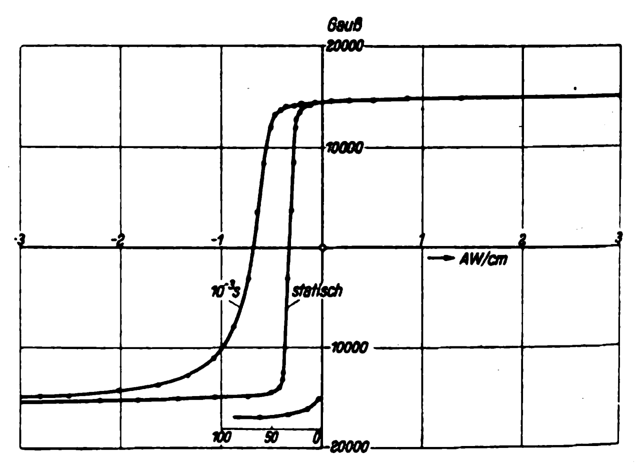


Bild 3. Ummagnetisierungskennlinie (linke Hälfte der Hysteresisschleife) eines für Schaltdrosseln geeigneten Eisenkerns. Das Sättigungsknie muß auch bei schneller Ummagnetisierung zu Beginn und am Ende der Ummagnetisierung möglichst scharf sein.



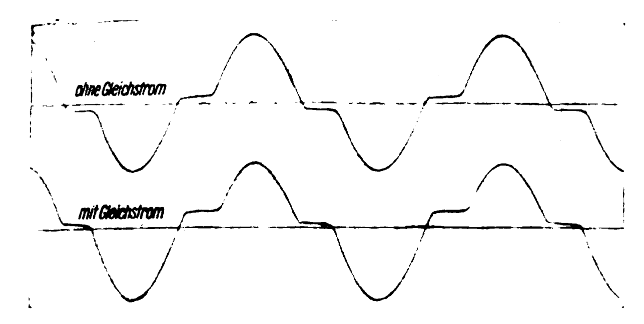


Bild 4. Während der Stromstufe ist der Strom nicht vollkommen Null, sondern infolge der Hysterese negativ (in bezug auf die Richtung des Stromes in der vorhergehenden Halbwelle). Durch Vormagnetisieren mit Gleichstrom läßt sich der Stufenstrom über die Nullinie heben.

Strömen ein (Koerzitivkraft). Durch eine zusätzliche Vormagnetisierung des Drosselkernes z. B. mit Gleichstrom läßt sich jedoch der Einsatz der Umsättigung und damit die Stufe im Strom beliebig heben oder senken (Bild 4). Nach $du/dt = i/c$ wird der Spannungsanstieg an dem sich öffnenden Kontakt positiv, wenn die Stufe über die Nullinie gehoben wird. Dies ist für die Sicherheit des Betriebes von größter Bedeutung.

In Bild 5 ist die Sperrspannung eines K-Umformers oszillographiert, und zwar auf dem gleichen Oszillogramm viermal übereinander mit verschiedener Gleichstromvormagnetisierung der Schaltdrosseln. Erst durch das Heben der Stufe ins Positive erhält die Unterbrechung die notwendige Sicherheit, ohne die besonders bei großen Leistungen zuverlässiger Betrieb nicht möglich wäre. Die Kontakte eines Umformers schalten insgesamt in 24 Stunden mehrere Millionenmal; bei keiner dieser Schaltungen darf durch irgendeinen Zufall ein Lichtbogen entstehen. Diese Sicherheit ist nur vorhanden, wenn die Sperrspannung anfangs um einige Volt ins Positive schwingt.

2. Warum verwendet der K-Umformer keine Schleifkontakte?

Bild 6 zeigt den grundsätzlichen Aufbau der Schaltung eines K-Umformers. Er besteht aus einem normalen dreiphasigen Umspanner und drei in den Hauptleitungen liegenden Schaltdrosseln mit Vormagnetisierung. Die sechs Schalter arbeiten in Brückenschaltung. Sie sind in ihrem Takt um je 120° gegeneinander versetzt. Parallel zu ihnen liegt je ein Kondensator. Die Spannungsregelung geschieht dadurch, daß der Einschaltzeitpunkt gegenüber der Wechselspannung verschoben wird, z. B. durch einen Phasendreher in der Zuleitung zum antreibenden Synchronmotor. Dieses Verfahren entspricht in seiner Wirkung genau der Gittersteuerung von Quecksilberdampf-Stromrichtern. Beim Herabsteuern der Spannung wird die Kontaktdauer entsprechend der kleineren Stromwendezeit durch ein mit der Motorverdrehung gekuppeltes Getriebe verringert. Das Anlassen erfolgt über

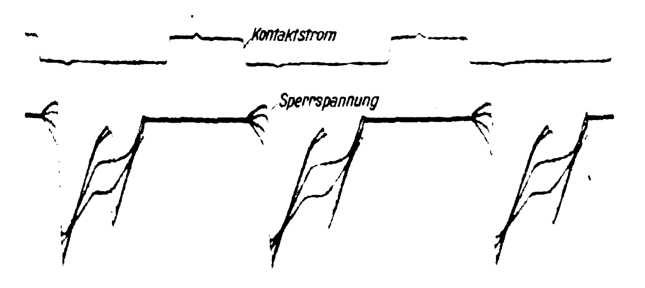


Bild 5. Einfluß der Vormagnetisierung auf den Verlauf der Sperrspannung. Es wurden vier Oszillogramme mit jeweils gesteigertem Vormagnetisierungsstrom übereinander geschrieben, bei einem gleichzeitig auch der Kontaktstrom. Bei genügend großer Vormagnetisierung steigt die Sperrspannung nach der Kontaktöffnung zunächst ins Positive, was die Sicherheit der Unterbrechung erhöht.

einen dreipoligen Widerstand auf eine Grundlast. Diese beträgt z. B. bei einem 5000 A-Umformer je nach Qualität des Schaltdrosseleisens 5 bis 50 A.

Als Kontakte sind im Bild Druckkontakte angedeutet, wie sie bei allen K-Umformern von 10 bis 10 000 A tatsächlich verwendet werden. Die Gründe dafür, daß auf die üblichen Schleifkontakte verzichtet wurde, sind folgende:

1. Durch die Schaltdrossel ist der Kontakt im Augenblick der Öffnung so weitgehend von Strom und Spannung entlastet, daß keine allmähliche Unterbrechung durch Einschalten von Widerstand erforderlich ist. Die Kontakte sind nur Trennschalter!

2. Die Leitfähigkeit von Druckkontakten mit metallischem Stromweg ist bedeutend größer als die von Kohlebürsten. Infolgedessen werden die Abmessungen eines Umformers mit Druckkontakten für große Stromstärken klein.

3. Die Bürstenübergangs- und Reibungsverluste fallen fort, der Wirkungsgrad wird auch bei kleinen Spannungen und bei Teillast groß.

4. Die notwendigen Änderungen der Schließungszeiten der Kontakte, z. B. bei der Spannungsregelung, lassen sich mit Druckkontakten konstruktiv leichter bewerkstelligen.

5. Das Auswechseln der Kontaktstücke bei Beschädigungen ist billiger und schneller auszuführen als das Wiederaufarbeiten verbrannter Schleifkontakte.

6. Druckkontakte haben keinen Verschleiß.

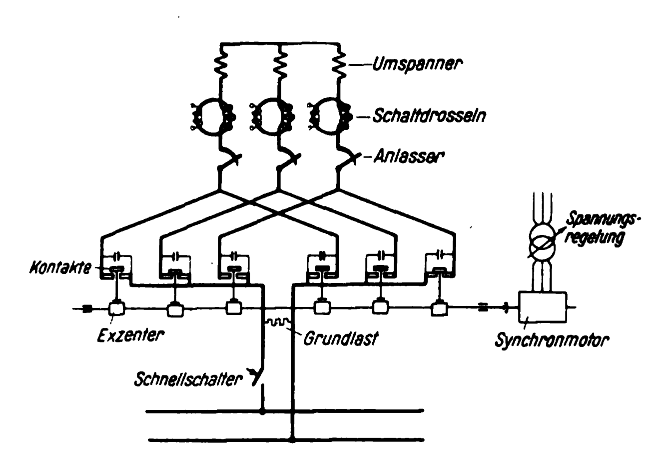


Bild 6. Grundsätzliches Schaltbild. Dreiphasige Brückenschaltung mit drei Schaltdrosseln. Durch den Phasendreher in der Motorzuleitung wird eine der Gittersteuerung von Quecksilberdampf-Stromrichtern analoge Regelung der Gleichspannung bewirkt. Antrieb der Kontakte durch eine Exzenterwelle. Der Anlasser wird im Betrieb durch einen Schalter für den vollen Laststrom überbrückt.

Diese Vorteile sind so groß, daß Schleifkontakte daneben nicht in Frage kommen. Getriebe mit schnellen hin- und hergehenden Bewegungen sind aus dem Verbrennungskraftmaschinenbau bekannt, ihrer Verwendung stehen heute keine Schwierigkeiten im Wege, falls man diese Erfahrungen benutzt. Dagegen erfordert die Ausbildung der eigentlichen Kontakte Sorgfalt. Vor allen Dingen muß ihre bewegte Masse so klein wie möglich gehalten werden. Bild 7 zeigt Konstruktionen, welche sich bewährt und als dauerfest erwiesen haben. Für kleine Ströme wird eine trapezförmige Blattfeder mit Silberkopf verwendet, welche durch einen Stößel unterhalb des Kopfes bewegt wird. Für große Ströme ist Doppelunterbrechung erforderlich zur Vermeidung beweglicher Stromzuführungen. Die Kontaktbrücke wiegt bei Ausführung für 5000 A weniger als 100 g; der Druck der Schraubenfeder beträgt bei dieser Stromstärke etwa 70 kg. Die Stromdichte im Kontakt ist sehr groß, so daß künstliche Kühlung notwendig ist. Der Verlust beträgt bei 5000 A etwa 200 W

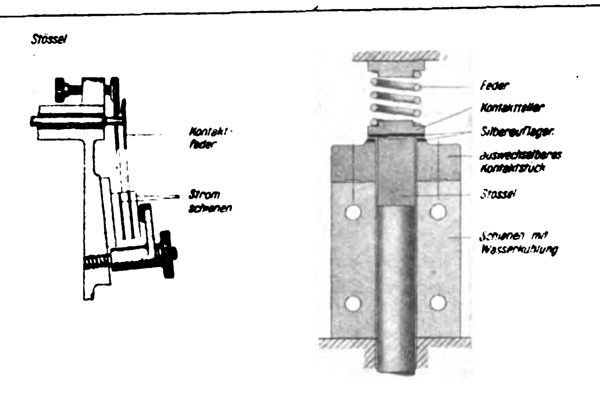


Bild 7. Bewährte Kontaktkonstruktionen für Ströme bis 300 A (links) und bis 5000 A (rechts). Der Stößel hebt nach der Kontaktschließung von der Kontaktfeder bzw. vom Kontaktteller ab. Öffnen und Schließen geschieht mit endlicher, vom Stößel vorgeschriebener Geschwindigkeit. Kleine Masse des bewegten Kontaktstückes ist Voraussetzung für prellfreies Arbeiten und für Dauerfestigkeit.

je Kontakt, der Aufwand für die Kühlung ist also gering. Die Konstruktion ist so gewählt, daß die Kontaktstücke leicht auszuwechseln sind. An den Berührungsflächen tragen sie eine Silberauflage, wodurch der Übergangswiderstand dauernd klein gehalten wird.

3. Das Einschaltproblem und seine Lösung

Eines der hartnäckigsten Probleme bei der Entwicklung des K-Umformers war das Problem der Beseitigung der Entladungen beim Einschalten. Diese treten dann auf, wenn am Kontakt vor dem Schließen Spannung liegt — wie bei der Heruntersteuerung des Umformers auf kleine Gleichspannung — und der Anstieg des Stromes sofort nach dem Schließen groß ist. Die Vorgänge, die sich hierbei abspielen, sind ungefähr folgende: Die Berührung der Kontaktflächen findet zuerst nur an einzelnen vorspringenden Punkten der Oberfläche statt, die leitende Verbindung ist zunächst so schwach, daß sie sich unter der Wirkung des entstehenden Stromes erhitzt und verdampft. In dem Metalldampf zündet ein Lichtbogen, welcher die Stromleitung übernimmt, bis die Kontaktflächen zur festen Berührung gekommen sind. Wird der Kontakt am Ende der Halbwelle wieder geöffnet, so wird die zusammengeschweißte Stelle auseinandergerissen. Dabei bleibt auf einer der Elektroden (gewöhnlich der Kathode) Material hängen. Im Laufe der Zeit bilden sich Spitzen und Krater auf der Oberfläche, welche ineinandergreifen und die Kontaktzeit verlängern. Außerdem brennt natürlich ein Teil des verdampften Metalls ab.

Das Mittel, das der K-Umformer gegen diese Schwierigkeiten — welche übrigens z. B. von Relaiskontakten her bekannt sind — anwendet, besteht wiederum in einer sich sättigenden Drossel (Bild 8). Diese verhindert bei der Kontaktschließung, daß der Strom auf größere Werte ansteigt, bevor die Kontaktflächen sich fest berühren. Nach Sättigung dieser Drossel kann der Laststrom ungehindert ansteigen. Die Drossel — wir nennen sie Einschaltdrossel — wird vor dem Einschalten durch Vormagnetisierung

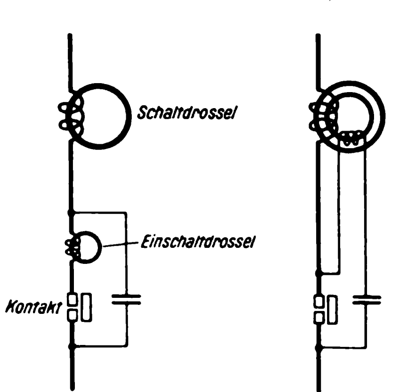


Bild 8. Einschaltdrossel zur Beseitigung des Einschaltlichtbogens. Sie wird dem Hauptstrom entgegengesetzt vormagnetisiert und zur Einsparung ihrer Hauptwicklung mit der Schaltdrossel zusammengewickelt.

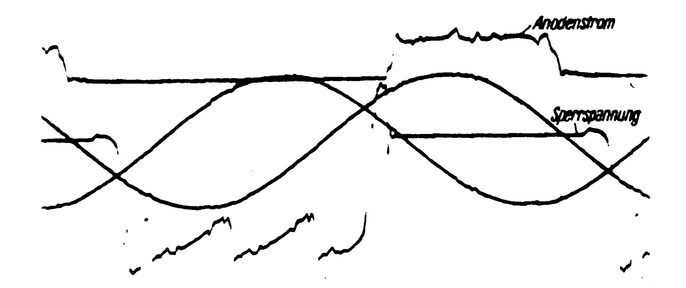


Bild 9. Einschaltstufe beim Einsatz des Kontaktstromes. Ihre Höhe kann durch Vormagnetisieren der Einschaltdrossel beliebig verringert werden, sie ist unabhängig vom Laststrom. Die Sperrspannung im Einschaltaugenblick ist etwa gleich der Differenz der beiden Phasenspannungen, sie wird also beim Heruntersteuern maximal gleich dem Scheitelwert der verketteten Spannung. Nach der Kontaktöffnung steigt die Sperrspannung zunächst ins Positive.

dem entstehenden Strom entgegengesetzt magnetisiert. Sie liegt unmittelbar vor dem Kontakt, so daß auch der aus dem Kondensator kommende Strom sie durchfließen muß; dieser Strom ist beim Einschalten besonders gefährlich, da sein Anstieg durch keine nennenswerte Induktivität begrenzt sein würde. Beim Öffnen des Kontaktes muß die Einschaltdrossel vollkommen gesättigt sein und auch ihre Luftinduktivität darf nicht groß sein. Um die Wicklung für den Hauptstrom auf der Einschaltdrossel zu sparen, wird sie in der in Bild 8 rechts gezeichneten Weise mit der Hauptdrossel zusammengewickelt. Die Wirkung dieser Schaltung ist mit der linken identisch.

An den Werkstoff des Einschaltkernes werden besonders hohe Anforderungen gestellt. Vor allem dürfen bei der schnellen Ummagnetisierung (etwa 10^{-4} s) Wirbelstrom- und Nachwirkungseffekte nicht zu sehr hervortreten. Mit einem guten Werkstoff gelingt es, der Einschaltschwierigkeiten auch bei großen Leistungen bis zu Spannungen von 300 bis 400 V je Unterbrechungsstelle Herr zu werden, bei Doppelunterbrechung (Bild 7 rechts) von 600 bis 800 V. Bei Brückenschaltung entspricht dies Gleichspannungen von etwa gleicher Größe. Nur durch die Rücksicht auf das Einschalten ist die in einem System eines K-Umformers erreichbare Gleichspannung auf maximal etwa 800 V beschränkt. Werden größere Spannungen als 400 bzw. 800 V gewünscht, kann man Brückensysteme in Reihe schalten und erhält, falls man z. B. Stern- und Dreieckschaltung der speisenden Umspanner anwendet, Gleichspannung von zwölfphasiger Welligkeit, wie sie bei großen Leistungen erwünscht ist.

Die Wirkung der Einschaltdrossel zeigt das Oszillogramm Bild 9. Beim Einsatz des Kontaktstromes (Grundlaststrom eines 5000 A-Umformers) entsteht nahe der Nullinie eine Stufe von etwa 10^{-4} s Dauer. Durch Vormagnetisierung des Einschaltkernes kann sie noch weiter gesenkt werden. Von der Größe des Belastungsstromes ist sie unabhängig. Die Spannung, welche der Kontakt einzuschalten hat, ist darunter zu sehen. Sie ist angenähert gleich der Differenz der kommutierenden Phasenspannungen im Einschaltaugenblick, wird daher beim Heruntersteuern im Höchstfall etwa gleich dem Scheitelwert der verketteten Spannung. Im Augenblick der Kontaktöffnung zeigt das Oszillogramm der Sperrspannung das schon erwähnte leichte Überschwingen ins Positive.

Bevor an Hand weiterer Oszillogramme der Betrieb des Umformers ausführlicher erläutert wird, sollen zunächst ausgeführte Konstruktionen beschrieben werden.

4. Ausgeführte Konstruktionen

Mit Rücksicht auf die hohen Anforderungen an die Dauerfestigkeit muß bei der Kontaktbewegung sorgfältig jede reibende Bewegung vermieden werden. Dies wird dadurch erreicht, daß der Kontakt durch einen Stößel aufgestoßen wird (Bild 7). Der Stößel selbst macht da-

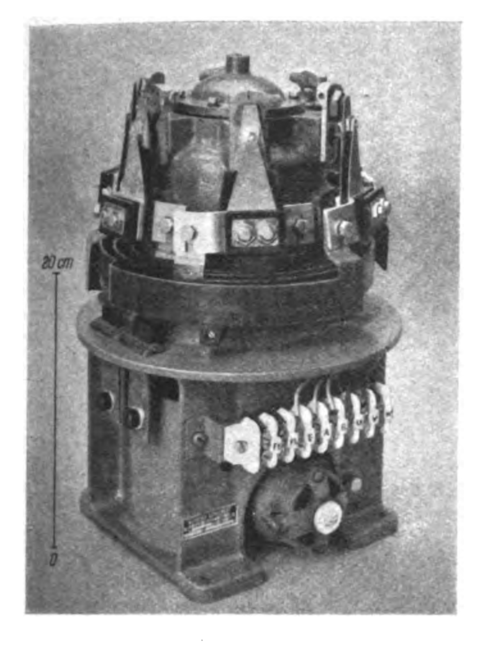


Bild 10. Sechsphasiges Kontaktgerät (ohne Haube) für 250 A maximal und 300 V. Kontakte wie in Bild 7 links sind sternförmig um einen Exzenter herum angeordnet. Spannungsregelung erfolgt durch Verdrehen des Motorständers mit Handgriff oder Hilfsmotor.

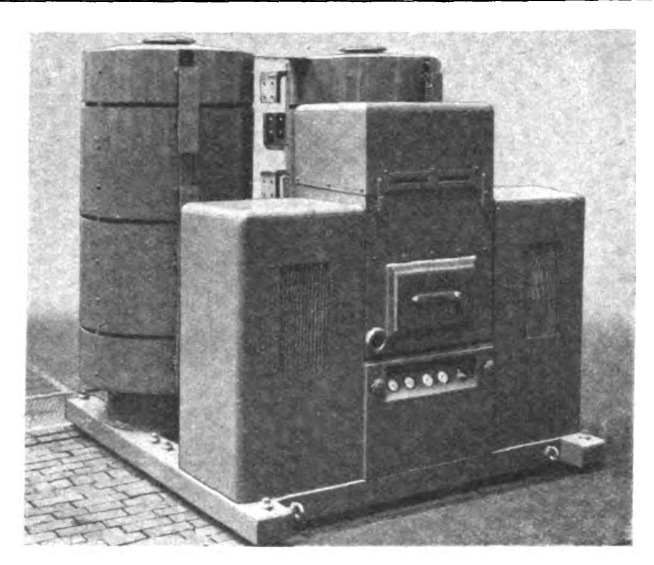
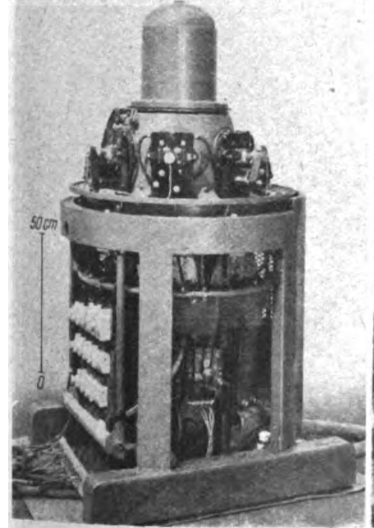


Bild 12. Zwölfphasiges Kontaktgerät mit Schaltdrosseln für 8000 A und 400 V. Zwei Systeme für 4000 A parallel.

bei eine volle sinusförmig hin- und hergehende Bewegung, während das bewegte Kontaktstück je nach der gewünschten Kontaktzeit nur einen Teil dieser Sinusbewegung mitmacht, im allgemeinen etwas mehr als die halbe Schwingung. Der Antrieb der Stößel geschieht durch eine Exzenterwelle, welche auf Kugellagern läuft. Die sechs Kontakte der Brückenschaltung arbeiten gegeneinander um 60° versetzt. Diese zeitliche Versetzung läßt sich in einfacher Weise dadurch erreichen, daß man die Stößel sternförmig um einen Exzenter herum anordnet. Nach diesem Grundsatz ist das in Bild 10 wiedergegebene Kontaktgerät aufgebaut. Bis zu Stromstärken von etwa 300 A liefert eine trapezförmige Blattfeder den Kontaktdruck. Zur Spannungsregelung wird der Antriebsmotor mit Handgriff oder Steuermotor verdreht. Gleichzeitig wird dabei der Motor axial bewegt. Da der Exzenter eine kegelförmige Mantelfläche besitzt, werden dadurch die Stößel radial verschoben und die Kontaktzeit etwas geändert, um sie möglichst der Kommutierungszeit anzupassen. Eine Haube (Bild 20) schützt das Gerät vor Staub und dient gleichzeitig der Geräuschdämpfung. Die einzelnen Kontaktblöcke sind auswechselbar angebracht. Ein solches Gerät für 250 A und 300 V, also 75 kW, wiegt etwa 25 kg.

Grundsätzlich den gleichen Aufbau hat auch das Kontaktgerät für 5000 A in Bild 11. Hier sind die Kontakte wie in Bild 7 rechts ausgebildet. Die Zuführungsschienen werden durch Wasser gekühlt, wobei aber zu beachten ist, daß lediglich die Kupferverluste abzuführen sind, insgesamt rd. 1000 W bei 5000 A. Entsprechend dem vergrößerten Kontaktdruck ist das Getriebe kräftig ausgebildet. Alle Teile werden durch Drucköl geschmiert. Der Exzenter ist auf der Welle verdrehbar angeordnet, so daß beim Regeln nicht der ganze Motor, sondern nur der Exzenter verdreht wird. Diese Konstruktion hat sich in ununterbrochenen Dauerversuchen über viele 1000 Stunden als dauerfest erwiesen. Trotzdem wurde sie wieder verlassen und an ihrer Stelle ein Aufbau gewählt, bei dem die Kontakte nicht sternförmig um den Exzenter herum, sondern wie die Zylinder eines Verbrennungsmotors in einer Reihe nebeneinander angeordnet sind. Dies hat konstruktive Vorteile, insbesondere ist auch der Übergang zu zwölfphasigen Geräten mit geringerem Aufwand möglich. Ein solches zwölfphasiges Kontaktgerät zeigt in Außenansicht Bild 12. Die Anordnung der Kontakte erkennt man in Bild 13. Die Kontaktstücke sind auf der Oberseite der Schienen angebracht, die Schienen liegen wie Sammelschienen hochkant nebeneinander und führen auf der Rückseite aus dem Gerät heraus zu den Schaltdrosseln. Je drei Kontakte der vorderen und hinteren Reihe gehören zu einem Brückensystem, die beiden Systeme von Kontakten sind durch entsprechende Versetzung der Exzenter auf der Antriebswelle gegeneinander um 30° versetzt. Die Stößelköpfe bestehen aus Hartgewebe oder einem keramischen Werkstoff. Am Instrumentenbrett werden Öltemperatur, Öldruck usw. überwacht. Unter der Blechverkleidung sind Antriebsmotor, Parallelkondensatoren, Wasserkühler und sonstiges Zubehör untergebracht. Bei Parallelschaltung beider Brückensysteme beträgt der Nennstrom des Kontaktgerätes 10 000 A. Sein Gewicht (ohne Schaltdrosseln) ist rd. 600 kg.

Hinter dem Kontaktgerät (Bild 12) sind zwei Schaltdrosselsätze angeordnet. Sie sind mit einer Blechverkleidung versehen und werden durch einen Lüfter im Fuß gekühlt. Den Aufbau solcher Drosseln erkennt man im Bild 14. Sie sind als Ringspulen ausgeführt;



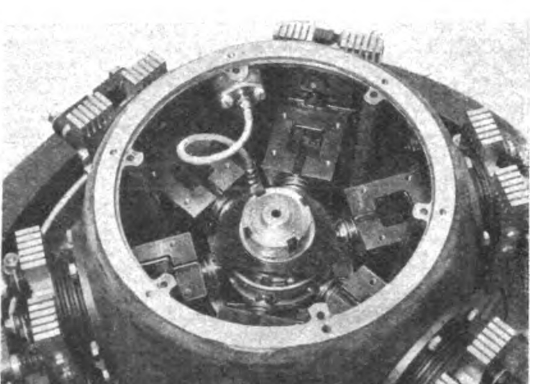


Bild 11. Sechsphasiges Kontaktgerät für 5000 A und 300 V. Kontakte wie in Bild 7 rechts sternförmig um einen Exzenter. Der Dom enthält das Getriebe zur Verstellung des Exzenters auf der Motorwelle zwecks Spannungsregelung.

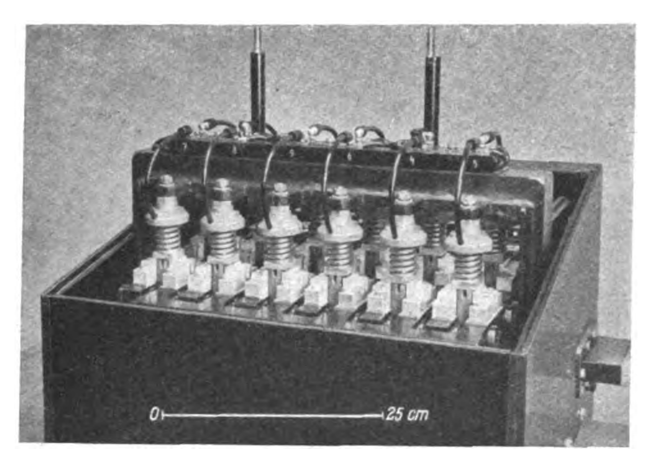


Bild 13. Zwölfphasiges Kontaktsystem für 10 000 A und 600 V maximal. Die Kontakte sind hier nicht sternförmig, sondern in zwei Reihen zu je 6 Kontakten nebeneinander angeordnet. Die Stromschienen liegen parallel und hochkant nebeneinander. Die Antriebswelle trägt 6 um je 60° gegeneinander versetzte Exzenter, wovon jeder ein Kontaktpaar antreibt.

die einzelnen Wicklungsscheiben werden bei großen Strömen parallel geschaltet. Man erkennt vorn die verschiedenen Anschlüsse für die Vormagnetisierungen der Haupt- und Einschaltkerne.

Was die Dauerfestigkeit der Kontaktgeräte anbetrifft, so wird vielleicht der Elektrotechniker, welcher nur umlaufende Maschinen kennt, geneigt sein, sie zu bezweifeln. Solche Zweifel sind bei dem heutigen Stande des allgemeinen Maschinenbaues, insbesondere der schnelllaufenden Verbrennungskraftmaschinen, nicht begründet. Bekanntlich liegen z. B. im Verbrennungsmotor die Drücke auf die Kolben in der Größenordnung von Tonnen, während die Federdrücke beim K-Umformer 100 kg nicht überschreiten. Die Hübe der Kolben gehen bis 100 mm und darüber, während der Hub der Exzenter beim K-Umformer einige Millimeter beträgt. Die Temperatur der Verbrennungsgase ist sehr hoch, während das Getriebe des K-Umformers nicht durch solche Temperaturen beansprucht wird. Schließlich wird das Öl des Verbrennungsmotors durch Temperatur, Verbrennungsrückstände und Brennstoff beeinträchtigt, während es beim K-Umformer dauernd in sauberem Zustand erhalten bleibt. Aus alledem folgt, daß — unter der Voraussetzung guter Konstruktion — keine Schwierigkeiten mit dem Getriebe auftreten können.

Man könnte dagegen einwenden, daß die Verbrennungsmaschinen nicht entfernt die Lebensdauer aufzuweisen brauchen wie das Getriebe des K-Umformers, welches bei Dauerbetrieb jährlich mehr als 8700 Stunden läuft. Hier tritt eine grundsätzliche Frage auf: Sind überhaupt Getriebe möglich, welche ohne irgendeine Abnutzung vollkommen dauerfest sind? Diese Frage betrifft die Dauerfestigkeit der Baustoffe. Die Werkstofforschung hat ergeben, daß es bei wechselnder Beanspruchung, wie sie z. B. bei den Kontaktfedern vorliegt, für Stahl eine genau definierte Beanspruchung, die sogenannte Dauerwechselfestigkeit, gibt, unterhalb der auch bei beliebig fortgesetzter Dauerbeanspruchung nicht mit einem Ermüden des Werkstoffs zu rechnen ist[1]). Über die Lebensdauer von Kugellagern gibt jeder Katalog die Auskunft, daß ein Lager, welches wie die Lager im K-Umformer nur mit einem Bruchteil der Nennlast beansprucht wird, eine Lebensdauer von 50 000 Stunden und mehr aufweist. Voraussetzung ist saubere Schmierung, wie sie bei den großen Umformern durch Drucköl, Ölfilter und Ölkühler sichergestellt ist. Die kleinen Geräte sind in der Schmierung etwas schlechter gestellt, sie erfordern etwa die gleiche Wartung wie die Kugellager von Motoren.

[1]) z. B. Siebel, Handbuch der Werkstoffprüfung 2 (1939).

Überzeugender als theoretische Ausführungen sind vielleicht die bislang gemachten Erfahrungen, wobei im folgenden gleichzeitig auch über die Erfahrungen bezüglich der Sicherheit des elektrischen Betriebes kurz berichtet werden soll. Der erste gebaute Umformer (Bild 15), eine Versuchsausführung für 1500 A zur Speisung des eigenen Werknetzes in Parallelarbeit mit einem Motor-Generator doppelter Leistung, lief bislang insgesamt etwa 25 000 Stunden, und zwar größtenteils in ununterbrochenem Tag- und Nachtbetrieb. Während dieser Zeit wurde das Getriebe zweimal auseinandergenommen. Beide Male zeigten sich nur geringfügige Mängel, so daß es nicht notwendig war, Änderungen der Konstruktion vorzunehmen; die Maschine ist auch heute noch in der ursprünglichen Form in Betrieb.

Bild 15 gibt einen guten Überblick über den Gesamtaufbau einer Kontaktumformeranlage, da dieser als Versuchsaufbau offen ausgeführt war. Im Bild links kommen die Schienen vom Transformator, über einen Trennschalter führen sie zu den Schaltdrosseln und von da am Boden in den Kontaktapparat. Die Kontakte sind bei dieser Maschine oben zu erkennen; sie werden durch eine sechsarmige Taumelkrone angetrieben. Vorn unten am Holzunterbau liegen die Parallelkondensatoren. Im Hintergrund an der Holzwand ist die Grundlast erkennbar. Das Handrad dient zur Spannungsregelung. Am Boden vor den Schaltdrosseln erkennt man eine normale Eisendrossel zur Begrenzung der Vormagnetisierungsströme. Die Leitungen rechts führen zu Schnellschalter und Glättungsdrossel. Damit ist das Zubehör vollständig. Mit dieser Anlage wurde eine Reihe wichtiger Erfahrungen, besonders über das Verhalten von K-Umformern in unruhigen Drehstromnetzen, wie es das speisende Fabriknetz durch die Beanspruchung verschiedener sonstiger Prüffelder des Werkes war, gesammelt. Der Versuchsbetrieb zeigte schon bald, daß der Umformer auf gewisse schwere Störungen des Drehstromnetzes, welche ihm die notwendige Stromwendespannung nehmen, empfindlich ist (vgl. Bild 28). Abgesehen von diesen Netzstörungen ergab sich jedoch eine überraschende Stabilität des Betriebes.

Erfahrungen in einem ruhigen Netz liegen z. B. mit einem Umformer vor, wie ihn Bild 11 zeigt. Der Umformer war in einem Elektrolysebetrieb monatelang im ununterbrochenen Dauerbetrieb mit vollem Strom, ohne daß eine Störung auftrat oder eine Erneuerung oder sonstige Wartung notwendig war. Daß dies nicht vom ersten Tage der Inbetriebnahme an der Fall war, sondern anfangs einige Änderungen erforderlich waren, ist bei einer Erstausführung selbstverständlich. Das Getriebe dieser Konstruktion ist inzwischen in mehreren Exemplaren in fortgesetzten Dauerversuchen über mehr als 10 000 Stunden geprüft; einige Mängel an der Öldichtung und

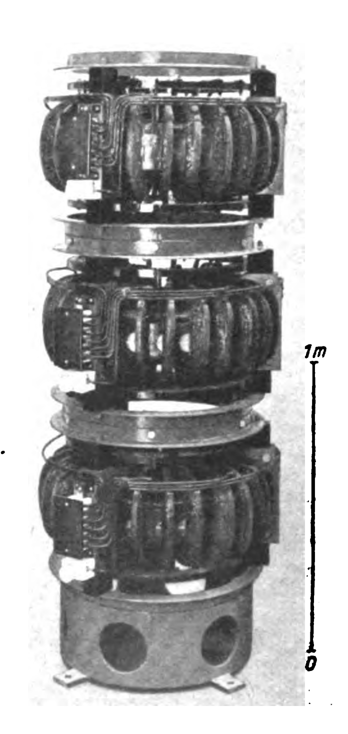


Bild 14. Schaltdrosselsatz für 1500 A und 250 V. Die auf dem Umfang des Ringbankkernes regelmäßig verteilten Wicklungsscheiben sind parallel geschaltet. Die verschiedenen Anschlüsse für die Vormagnetisierungswicklungen von Haupt- und Einschaltkern sind zu erkennen.

am Antriebsmotor wurden abgestellt, sonst jedoch nichts gegenüber der ursprünglichen Ausführung geändert.

Bild 16 zeigt schließlich eine Anlage für 600 V, welche ebenfalls seit längerer Zeit störungsfrei in Betrieb ist, nachdem anfängliche Isolationsmängel am Kurzschließer (s. S. 15) beseitigt waren. Dieser Umformer speist ein Bahnnetz, die Belastung ist also sehr schwankend. Auch mit dieser Ausführung des Getriebes liegen Dauerprüfungen über viele 1000 Stunden vor. Sie ergeben immer wieder das gleiche, daß nämlich bereits die Getriebe dieser Erstausführungen einen hohen Grad von Zuverlässigkeit aufweisen.

Mit Kleinumformern, wie sie die Bilder 10, 20 und 22 zeigen, wurden Erfahrungen gesammelt, welche ebenfalls über mehrere Jahre reichen. Die Geräte wurden zur Ladung von Sammlern, zur Speisung galvanischer Bäder, zum Antrieb von Werkzeugmaschinen und zur Speisung von Scheinwerfern eingesetzt. Sie arbeiten hierbei im allgemeinen nicht in ununterbrochenem Dauerbetrieb. Die unvermeidlichen Erstlingsmängel traten auch hier auf, insbesondere an den Antriebsmotoren, welche ungeeignet waren. Ferner neigten Stromverbindungen dazu, sich unter dem Einfluß der eigenen Erschütterungen zu lockern, so daß sie teilweise verlötet oder sonst gesichert werden mußten. Gegen Kurzschlüsse sind diese Geräte recht unempfindlich, da ihre Kontakte den Kurzschlußlichtbogen magnetisch aus der eigentlichen Kontaktstelle herausblasen. Von außen herrührende Erschütterungen und Temperaturschwankungen beeinflussen den Betrieb nicht. Die Umformer werden durch Druckknopf ein- und ausgeschaltet, sind auch bei kleinster Leistung sechsphasig und in der Spannung voll regelbar. Ein Gerät für z. B. 30 A und 230 V wiegt einschließlich Transformator und allem Zubehör, wie Schutzschalter, Instrumente, Verkleidungen, 110 kg bei einem Wirkungsgrad von 90 % bei Vollast!

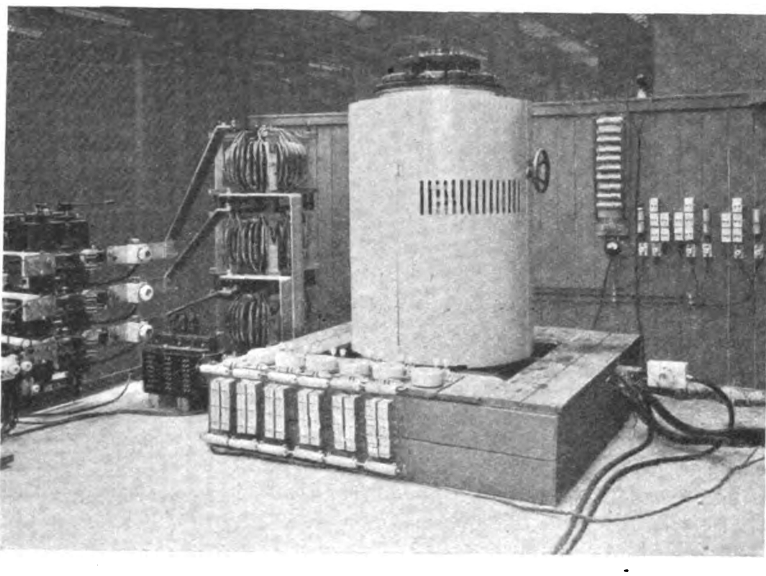


Bild 15. Erste Anlage für 1500 A und 200 bis 250 V regelbar. Die Haube über den Kontakten oben ist entfernt. Der Holzunterbau dient bei dieser Versuchsanlage lediglich dazu, die Zuführung der Schienen von unten zu ermöglichen.

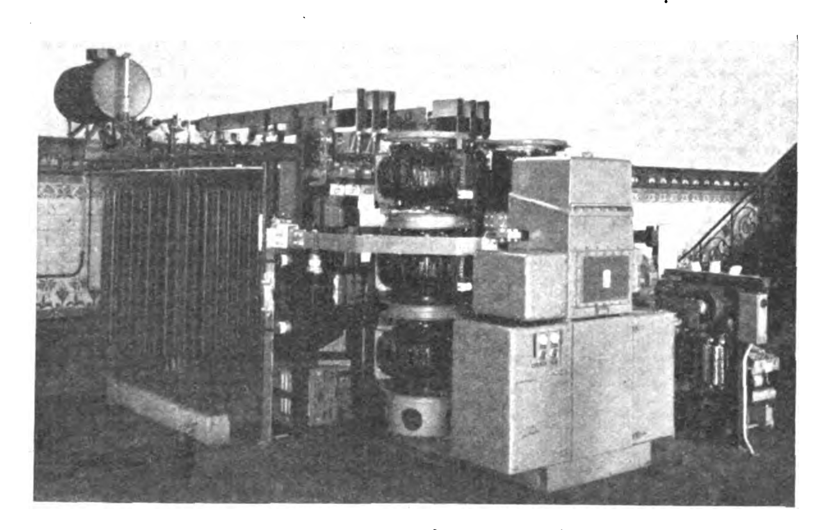


Bild 16. Anlage für Bahnbetrieb 1500 A, 580 bis 650 V regelbar. Das Kontaktgerät im Vordergrund hat eine Nennstromstärke von 5000 A, ist also in dieser Anlage nicht voll ausgenutzt. Der Umspanner hat 2 Sekundärwicklungen, eine in Stern- und eine in Dreieckschaltung. Durch Reihenschaltung beider Systeme ergibt sich 12phasige Welligkeit der Gleichspannung. Oben hinter den Schaltdrosseln zwei Selbstschalter zur Überbrückung des Anlassers, rechts der Schnellschalter.

5. Die Gründe für den geringen Werkstoffaufwand

Jede Neuentwicklung auf einem Gebiet, dessen Probleme wie im vorliegenden Fall bereits gute Lösungen gefunden haben, bedarf der Rechtfertigung durch greifbare Vorteile, die sie gegenüber dem Bekannten aufzuweisen hat. Solche Vorteile sind beim K-Umformer vorhanden, und zwar vor allem folgende:

1. hoher Wirkungsgrad auch bei kleinen Spannungen und bei Teillast,
2. geringer Werkstoffaufwand.

Demgegenüber ist vor allem als Nachteil zu nennen, daß er auf eine Kommutierungsspannung von richtiger Größe und Richtung angewiesen ist, welche — jedenfalls bei der in diesem Aufsatz beschriebenen einfachsten Ausführung des Umformers — auch nicht bei einem einzigen Kommutierungsvorgang fehlen darf. Die Unempfindlichkeit, die in dieser Hinsicht der Kollektor der Gleichstrommaschine oder auch die Ventilgleichrichter aufweisen, ist beim K-Umformer nicht in gleichem Maße vorhanden. Vielmehr ist er ähnlich wie ein Einankerumformer auf gewisse Störungen im Drehstromnetz empfindlich. Dieser Empfindlichkeit stehen aber außer den oben genannten Vorzügen einige Eigenschaften gegenüber, welche die Unannehmlichkeit, die eine solche Empfindlichkeit unter Umständen für den praktischen Betrieb hat, stark mildern; diese sind die einfache, schnelle Inbetriebnahme nach einem Ausfall, die leichte Auswechselbarkeit der gefährdeten Kontaktstücke und — wie noch gezeigt wird — kleiner Kurzschlußstrom.

Die eigentliche Triebkraft und Rechtfertigung der neuen Entwicklung liegt aber in den beiden oben genannten Vorzügen, auf welche zunächst eingegangen sei.

Der Kontaktumformer besteht aus Schaltdrosseln und Kontaktgerät. Letzteres ist ein Schalter mit rein metallischer Strombahn. Die Stromdichte in den Kontakt-



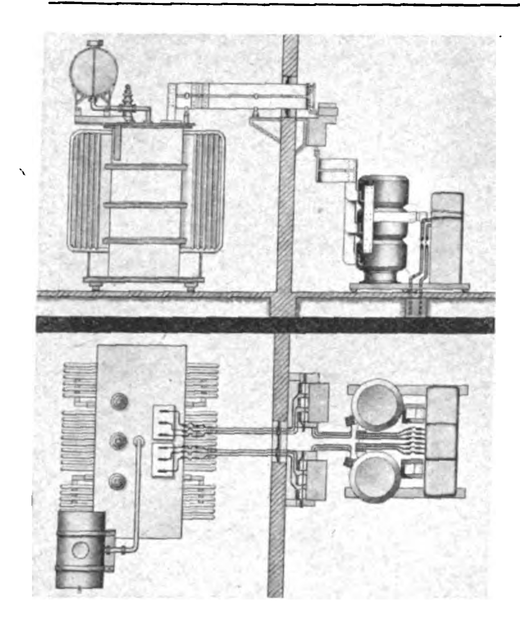


Bild 17. Maßstabgerechte Bauskizze einer ausgeführten Anlage für 8000 A und 70 bis 400 V regelbar. Umspanner wie in Bild 16 mit je einer Stern- und Dreieckwicklung. Parallelschaltung ergibt 12phasige Welligkeit. Das Bild soll das Größenverhältnis der Schaltdrosseln und des Kontaktapparates zum Umspanner gleicher Leistung zeigen. Das Kontaktgerät ist für einen Nennstrom von 10 000 A, also in dieser Anlage nicht voll ausgenutzt.

stücken ist von der Größenordnung einiger 1000 A/cm². Sie ist also um mehrere Größenordnungen größer als die Stromdichte in den Ventilstrecken von Stromrichtern oder in den Bürsten von Maschinen. Dies ist der Grund, daß das Kontaktgerät, wie die Bilder bereits zeigten, klein ist. Einen anschaulichen Vergleich mit der Größe des zugehörigen Umspanners ermöglicht Bild 17, welches die Bauskizze einer ausgeführten Anlage für 8000 A und 400 V in maßstäblichen Verhältnissen wiedergibt. Kontaktapparat einschließlich Schaltdrosseln würden im Kessel des zugehörigen Transformators Platz finden! Auch gegenüber den Schaltdrosseln ist das Kontaktgerät klein. Die Stromschienen treten infolge der geringen Abmessungen des Umformers stark in den Vordergrund, im Gegensatz zu Maschinenumformern, wo sie neben der Maschine ganz verschwinden. Es wurde bereits erwähnt, daß bei voller Ausnutzung des Kontaktgerätes sein bezogenes Gewicht nur etwa 100 g/kW beträgt. Ähnlich liegen die Verhältnisse auch bei den Kontaktgeräten kleiner Stromstärke.

Auch den Werkstoffaufwand für den zweiten wesentlichen Bestandteil, die Schaltdrosseln, ermißt man zweckmäßig durch Vergleich mit dem zugehörigen Umspanner. Im Gegensatz zum Umspanner hat die Schaltdrossel nur e i n e Wicklung. Dies verringert ihre Bauleistung (Typenleistung) um den Faktor 2 gegenüber einem Umspanner. Außerdem ist aber ihr Eisen nicht für die volle Spannungsfläche einer Halbwelle bemessen, sondern nur für die Dauer der Stufe, d. h. etwa für ⅓ der Spannungsfläche einer Halbwelle. Dies verringert ihre Bauleistung gegenüber dem Umspanner abermals etwa um einen Faktor ⅓, so daß insgesamt die Bauleistung der Schalt-

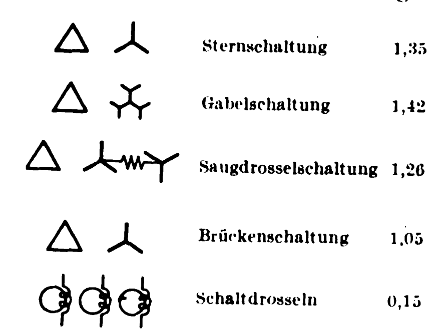


Bild 18. Bauleistung (Typenleistung) von Gleichrichterumspannern und Schaltdrosseln. Beim K-Umformer ist die Bauleistung von Umspanner (Brückenschaltung) und Schaltdrosseln zusammen noch geringer als die des Umspanners für Quecksilberdampfstromrichter in den üblichen Schaltungen allein. — Bei Sechsdrosselschaltung ist die Bauleistung der Schaltdrosseln (bei gleicher Stufenlänge von 10^{-3} s) $\sqrt{2} \cdot 0{,}15 = 0{,}21$.

drossel etwa 15 % der eines leistungsgleichen Umspanners beträgt. Dementsprechend ist der Werkstoffaufwand gewichtmäßig nur ein Bruchteil des Umspanners.

Der Umspanner selbst ist in Brückenschaltung in seiner Bauleistung um nur 5 % größer als ein normaler Netzumspanner. Die Gründe dafür, daß der K-Umformer durchweg die Brückenschaltung benutzt, sind:

1. Die geringen Verluste in den Kontakten ermöglichen es, ohne Einbuße am Wirkungsgrad den Laststrom zweimal über die Trennstrecken zu führen, wie es bei der Brückenschaltung notwendig ist.

2. Die doppelseitige Leitfähigkeit der Kontakte befreit vom Zwang, Schaltungen mit gemeinsamer Kathode zu bevorzugen.

3. Der Aufwand für Umspanner und Schaltdrosseln ist in der Brückenschaltung am kleinsten.

4. Sperrspannung und Einschaltspannung sind klein.

5. Ein normaler dreiphasiger Umspanner ergibt sechsphasige Welligkeit. Bei passender Größe der Drehspannung kann auch ohne Umspanner direkt am Netz gearbeitet werden.

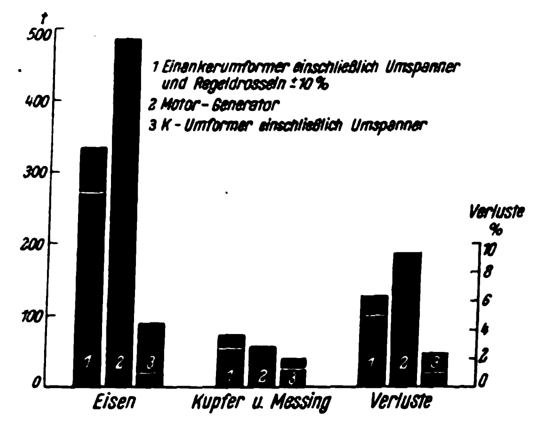


Bild 19. Vergleich des Kontaktumformers mit Maschinenumformern in Werkstoffaufwand (Tonnen) und Verlusten. Bezugsleistung 30 000 kW bei 300 V. Die Stücke oberhalb des Querstrichs sind der Anteil für den Umspanner.

Bild 18 gibt eine Zusammenstellung der Bauleistungen von Gleichrichterumspannern zum Vergleich mit der der Schaltdrosseln. Man sieht, daß die Typenleistung von Schaltdrosseln und Umspanner zusammengenommen beim K-Umformer noch geringer ist als die der Umspanner für Ventilstromrichter in den angegebenen gebräuchlichen Schaltungen. Auch bei zwölfphasigen Schaltungen, welche aus zwei um 30 ° gegeneinander versetzten Brückenschaltungen (durch eine Stern- und eine Dreieckschaltung) zusammengesetzt werden, ist die Bauleistung der Umspanner nur wenige Prozente größer als die normaler Transformatoren.

In Bild 19 ist nun der Werkstoffaufwand für den vollständigen Umformer mit dem von Maschinenumformern verglichen. Der Vergleich ist auf eine Gesamtleistung von 30 000 kW bezogen, um für jeden Umformer die günstigste Größe zum Vergleich heranziehen zu können. Die zugrunde gelegte Gleichspannung ist 300 V, eine Spannung, bei der voraussichtlich zunächst das Schwergewicht der Anwendung des K-Umformers liegt. Natürlich weichen die Gewichte der Maschinenumformer verschiedener Herstellerfirmen mehr oder weniger voneinander ab. Dies ändert jedoch nichts an der Tatsache, daß der K-Umformer einschließlich allem Zubehör, jedoch ohne Umspanner, um rund eine Größenordnung leichter ist als ein Einankerumformer, ebenfalls ohne den Umspanner. Natürlich hängt der Werkstoffaufwand von der Materialausnutzung, d. h. dem Wirkungsgrad, ab. Das Bild zeigt, daß bei den zugrunde gelegten üblichen Werkstoff-

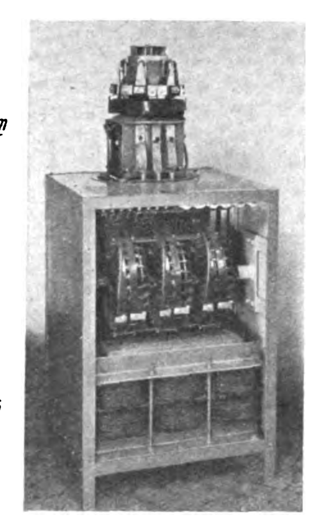


Bild 20. Sechsphasiges Umformergerät 160 A, 30 bis 130 V. Einschalten und (stetige) Spannungsregelung durch Druckknopf. Kontaktgerät nach Abnehmen der staubdichten Haube bequem zugänglich, ebenso Schaltdrosseln und Umspanner nach Entfernen der Blechverkleidung.

ausnutzungen der Wirkungsgrad des K-Umformers bei weitem der beste ist (s. a. S. 11/12). Auch gegenüber den bislang in der Praxis vorhandenen Quecksilberdampfstromrichtern ist das Gewicht eines K-Umformers gleicher Leistung gering. Entsprechend dem geringeren Gewicht fällt der Aufwand für Fundamente, Krananlagen und Gebäude geringer aus.

Bei kleinen Leistungen wird der Umformer mit allem Zubehör zu einem Gerät zusammengebaut, wie es beispielsweise Bild 20 zeigt. Außer am Umformer selbst wird infolge der Brückenschaltung und infolge des Fortfalls von Anzapfungen zur Spannungsregelung auch am Umspanner gegenüber dem Umspanner in Stromrichtergeräten Werkstoff gespart. Da auch die kleinsten Geräte sechsphasig sind, ist die Glättungsdrossel klein. Die geringen Verluste ermöglichen einen engen Zusammenbau des Gerätes. Den Vergleich eines K-Umformers für 30 A mit anderen Umformer- bzw. Stromrichtergeräten bringt Bild 21. Gesamtgewicht und vor allem Raumbedarf sind weniger als halb so groß. Dabei liegen die Verluste bei 10 %, die der anderen Geräte zwischen 20 und 30 %.

Das geringe Gewicht macht den K-Umformer geeignet für transportable Geräte. Bild 22 zeigt ein solches für 200 A und eine Spannung, welche von 30 bis 100 V stetig regelbar ist. Neben dem geringen Gewicht bietet der K-Umformer für fahrbare Anlagen noch folgende Vorteile:

1. Er ist erschütterungsfest;
2. er ist temperaturunabhängig.

Aus diesen Gründen kommt seine Verwendung auch für fahrbare Umformerwerke, auf Fahrzeugen und auf Schiffen in Betracht.

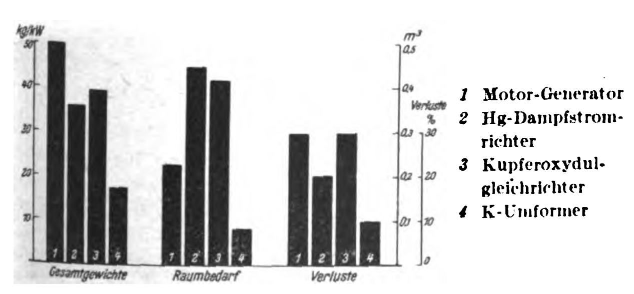


Bild 21. Vergleich eines sechsphasigen Umformergerätes für 30 A, 30 bis 230 V mit anderen marktgängigen Umformern bzw. Stromrichtern in Werkstoffaufwand, Raumbedarf und Verlusten (das hier in Vergleich gestellte K-Umformergerät wurde im Vortrag in einem Film im Betrieb vorgeführt).

Die Betrachtung des Werkstoffaufwandes wurde an den Anfang gestellt, weil dieser heute von besonderer Bedeutung ist.

6. Die Gründe für den hohen Wirkungsgrad

Die rein metallische Leitfähigkeit des ganzen Stromweges, die wir als Grund für den geringen Werkstoffaufwand feststellten, ist auch der Grund für die kleinen Verluste des K-Umformers. Während beim Sperrschichtstromrichter der volle Laststrom durch halbleitende Schichten, beim Quecksilberdampfstromrichter durch eine Gasentladung geführt werden muß, geht er beim K-Umformer nur durch einen aus Kupfer und Silber, also aus bestleitendem Material aufgebauten Kontakt. Der Spannungsabfall an solchen Kontakten beträgt auch bei großen Strömen nur wenige Millivolt, ist also schon bei Betriebsspannungen von wenigen V unbedeutend.

Anschließend sind in Tafel 1 die Einzelverluste von Einankerumformern und K-Umformern bei 500 V und 5000 A gegenübergestellt.

Tafel 1. Vergleich der Einzelverluste von Einanker- und Kontaktumformern für 500 V, 5000 A.

	Einankerumformer	K-Umformer		
Eisenverluste	15 kW	2 kW	(Schaltdrosseln)	Leerlaufverluste
Erregerverluste	10 „	—		Leerlaufverluste
Bürstenreibung	15 „	—		Leerlaufverluste
Luft- und Lagerreibung	20 „	3 „		Leerlaufverluste
Stromwärme im Anker	19 „	—		Lastverluste
„ „ in den Wendepolen	5 „	15 „	(Schaltdrosseln)	Lastverluste
Bürstenübergangsspannung	15 „	—		Lastverluste
Zusatzverluste	16 „	5 „		Lastverluste
	115 kW	25 kW		
	η = 95,4%	99,0%		

Die ersten 4 Zeilen enthalten die Leerlaufverluste; sie sind beim K-Umformer fast bedeutungslos, da weder nennenswerte Reibungsverluste noch Eisenverluste oder Erregerverluste vorhanden sind. Die Stromwärme in den Schaltdrosseln, welche eine ähnliche Aufgabe erfüllen wie die Wendepole, wird mit den Verlusten in den Wendepolen verglichen. Da die Schaltdrosseln rund 15 % der Bauleistung des Umspanners gleicher Leistung aufweisen, sollten ihre Verluste entsprechend kleiner sein als die des Umspanners, d. h. zum Beispiel 0,3 % statt 1,8 % bei größeren Umspannern. Tatsächlich betragen sie, wie Tafel 1 angibt, etwa 0,6 %, weil die Schaltdrosseln vorläufig verhältnismäßig eisenarm und kupferreich ausgeführt wurden. Zusatzverluste treten in geringem Maße in den Schienen und Kontakten auf. Insgesamt ergibt sich ein Vollastwirkungsgrad von 99,0 % gegenüber 95,4 % beim Einankerumformer; also ein Vorteil von 3,6 %.

Noch größer ist der Vorteil gegenüber dem Motorgenerator und — wenn man Spannungen unter 600 V betrachtet — gegenüber dem Quecksilberdampfstromrichter. Dieser Vergleich ist in Bild 23 für große Einheiten über der Nennspannung aufgetragen. Es handelt sich hier um den Gesamtwirkungsgrad, also einschließlich Umspanner und allem Zubehör. Der Wirkungsgrad des K-Umformers nimmt



Bild 22. Fahrbares Umformergerät für 200 A, 30 bis 100 V regelbar. Das Gerät ist sechsphasig und unempfindlich gegen Erschütterungen und Temperatureinflüsse.

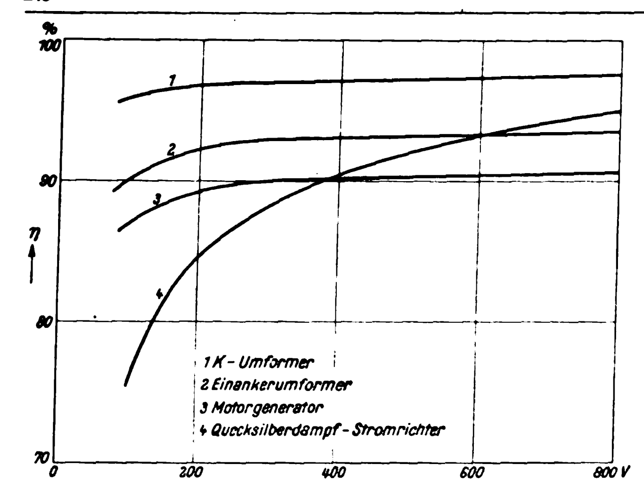


Bild 23. Gesamtwirkungsgrad einer Kontaktumformeranlage im Vergleich mit Maschinenumformern und Quecksilberdampfstromrichtern bei 5000 A in Abhängigkeit von der Nennspannung. Rund ²/₃ der Verluste der Kontaktumformeranlage liegen im Umspanner.

mit der Nennspannung nur wenig ab, da er keinen konstanten Spannungsverlust wie die Bürstenübergangsspannung oder den Lichtbogenabfall eines Quecksilberdampfstromrichters aufweist. Letzterer macht bekanntlich die Gasentladungsstromrichter bei kleinen Spannungen unwirtschaftlich, während sie bei großen Spannungen den Maschinenumformern überlegen sind. Der K-Umformer hat gegenüber dem Quecksilberdampfstromrichter auch bei 800 V noch einen Vorteil, welcher größer ist als der Vorteil des Quecksilberdampfstromrichters gegenüber dem Einankerumformer bei dieser Spannung. Natürlich sind die Wirkungsgrade der zum Vergleich herangezogenen Geräte je nach Bauart, Typengröße und Baujahr etwas verschieden. Insbesondere ist es z. B. beim Quecksilberdampfstromrichter gelungen, den Lichtbogenspannungsabfall gegenüber früheren Jahren zu verringern. Dies ändert jedoch nichts daran, daß bei Spannungen unter 800 V der Wirkungsgrad des K-Umformers unerreicht hoch ist.

Da die Verluste des K-Umformers fast ausschließlich Stromwärmeverluste sind, nämlich sowohl im Umspanner als auch in den Schaltdrosseln, und anderseits die Leerlaufverluste klein sind, nimmt sein Wirkungsgrad mit abnehmender Belastung zunächst spürbar zu (Bild 24), um erst bei etwa ¼ Last wieder unter den Vollastwert abzusinken. Dies steht in Gegensatz zum Verhalten von Maschinenumformern, ist jedoch in geringerem Maße auch bei Quecksilberdampfstromrichtern der Fall.

Der Vergleich des Bildes 24 ist bei der verhältnismäßig kleinen Spannung von 300 V durchgeführt. Diese Spannung wurde gewählt, weil auf Grund des Wirkungsgrades der K-Umformer berufen scheint, gerade bei kleinen Spannungen die bislang verwendeten Umformer und Gleichrichter abzulösen.

Der hohe Wirkungsgrad ist da, wo die Stromkosten eine Rolle spielen, von Bedeutung, also z. B. bei Netzumformern, bei der Speisung von Elektrolysen oder der Ladung von Sammlern für Elektrofahrzeuge. Wenn man sich vergegenwärtigt, daß z. B. bei der Stromversorgung von Elektrolysen Unterschiede im Wirkungsgrad von weniger als 1 % praktisch eine Rolle spielen, und daß einer der Hauptgründe für die Verdrängung der Maschinenumformer durch die Quecksilberdampfstromrichter auf diesem Gebiet der höhere Wirkungsgrad der letzteren bei hohen Spannungen ist (Bild 23), so wird man ermessen, welche Bedeutung hier der K-Umformer erlangen könnte[2]). Dazu kommt noch etwas anderes: Die Spannung neuzeitlicher Großelektrolyse-Anlagen ist bekanntlich in den letzten Jahren bis auf 800 V und darüber gesteigert worden. Der Grund hierfür ist, daß der Quecksilberdampfstromrichter bei hoher Spannung einen besonders hohen Wirkungsgrad aufweist. Für den Bau und die Bedienung der Bäder ist jedoch die hohe Spannung in vielen Fällen unerwünscht und unwirtschaftlich. Der K-Umformer gibt dem Chemiker freie Hand in der Wahl der Spannung und dazu noch höhere Wirtschaftlichkeit als der Quecksilberdampfstromrichter bei unbequem großer Spannung.

Bei kleinen Leistungen nimmt der Wirkungsgrad infolge nicht leistungsproportionaler Verluste im Antriebsmotor, in den Vormagnetisierungskreisen und im sonstigen Zubehör ab. Beim kleinsten bisher gebauten Gerät von 7 kW Gleichstromleistung wurde z. B. ein Gesamtwirkungsgrad von 90 % gemessen. Da der Wirkungsgrad anderer Umformergeräte bei so kleinen Leistungen oft unter 80 oder gar 70 % liegt, ergibt sich eine Ersparnis von 10 bis 20 %, was z. B. für Ladegeräte von Bedeutung ist.

7. Das betriebliche Verhalten

Zusammenfassend ist festzustellen, daß sowohl hinsichtlich Werkstoffaufwand als auch in der Wirtschaftlichkeit der K-Umformer den in der Praxis bekannten Geräten in einem weiten Spannungsbereich überlegen ist. Die Tatsache, daß er kein ruhendes Gerät ist, würde dann ein wichtiger Nachteil sein, wenn er viel Wartung erforderte. Dies ist aber nicht der Fall. Die Pflege eines Kommutators und die Bürstenerneuerung fällt bei ihm fort. Das Anlassen der größten Einheiten ist in wenigen Sekunden möglich. Da keine großen Massen bewegt werden, sondern lediglich eine Exzenterwelle von weniger als einem Meter Länge, birgt der Betrieb keine größeren Gefahren als der eines Pumpenmotors oder Lüfters. Das Geräusch des Getriebes und der Kontakte läßt sich, da das Kontaktgerät klein ist, durch Kapseln leicht so weit beseitigen, daß es z. B. neben dem Brummen der Umspanner nicht mehr hervortritt. Der Umformer verbreitet keinen Schmutz und stellt keine Anforderungen an die Gleichmäßigkeit der Temperatur des Raumes. Er ist auch nach langen Betriebspausen sofort betriebsbereit.

Die Lebensdauer der Schaltdrosseln ist wie die eines Umspanners praktisch unbegrenzt, insbesondere da kein Isolieröl vorhanden ist. Über die Lebensdauer des Kontaktapparates wurden bereits Angaben gemacht. Infolge der rein mechanischen Konstruktion und des geringen Gewichtes sind im Gegensatz sowohl zu Maschinenumformern als auch zu Sperrschicht- oder Gasentladungsstromrichtern Reparaturen oder der Einbau von Ersatzteilen

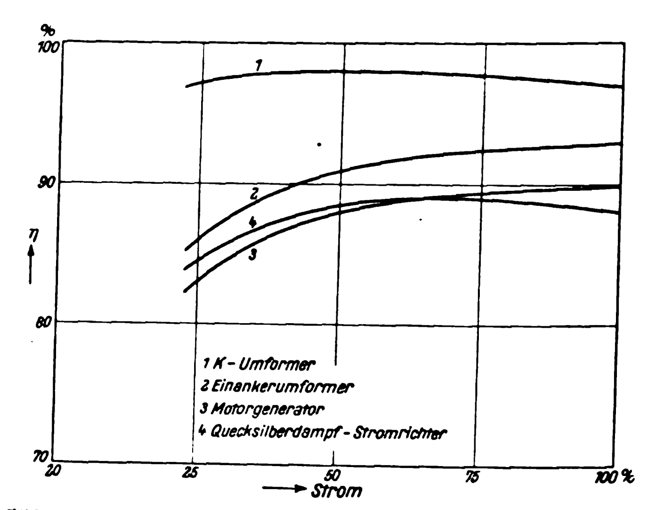


Bild 24. Gesamtwirkungsgrad einer Kontaktumformeranlage im Vergleich zu Maschinenumformern und Quecksilberdampfstromrichtern bei 300 V in Abhängigkeit von der Belastung. Die Verluste des Kontaktumformers sind größtenteils (Umspanner- und Schaltdrosselkupfer) Stromwärmeverluste. Da auch die Leerlaufverluste klein sind, ist die Überlegenheit des Wirkungsgrades besonders bei Teillast groß.

²) Der Stromverbrauch der Elektrolysen beträgt etwa 10% der gesamten deutschen Elektrizitätserzeugung, der übrige Gleichstromverbrauch schätzungsweise 5%.

nach einiger Übung von Maschinenschlossern verhältnismäßig schnell ohne Spezialeinrichtungen auszuführen, eine Tatsache, welche von solchen Betriebsingenieuren, die sich gern selbst helfen, angenehm empfunden werden dürfte.

Der K-Umformer hat eine genau definierte Überlastbarkeit. Der größtmögliche Belastungsstrom ist dadurch gegeben, daß die Stromwendung gerade in dem Augenblick beendet ist, in dem der Kontakt der abgebenden Phase öffnet (Bild 25). Bei noch größerem Strom würde

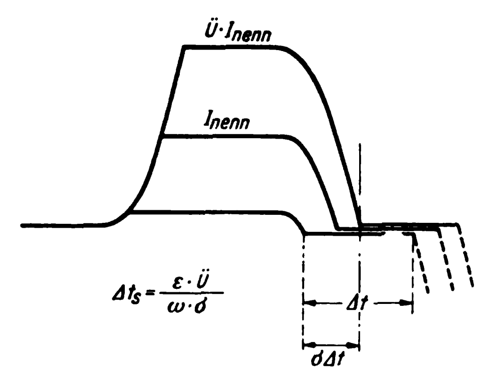


Bild 25. Verschiebung der Stufe im Strom bei wechselnder Belastung; der Öffnungszeitpunkt der Kontakte wird praktisch so eingestellt, daß er bei kleinster Last etwa in der Mitte der Stufe ($\sigma = 0{,}5$) liegt. Die größte ohne Kontaktfeuer mögliche Belastung $\ddot{U} \cdot I_{nenn}$ ist dadurch gegeben, daß bei ihr die Stufe gerade im Zeitpunkt der Kontaktöffnung beginnt. (ε Streuspannung im Kommutierungskreis, $\omega = 2\pi f$.)

der Kontakt den noch nicht zu Null abgesunkenen Laststrom unterbrechen und dabei feuern. Zwischen größtmöglichem Belastungsstrom $\ddot{U} \cdot I_{nenn}$, der Streuspannung ε des Kommutierungskreises, welche die Geschwindigkeit der Stromwendung bestimmt, der Stufenlänge der Schaltdrossel Δt_s und der Einstellung des Ausschaltzeitpunktes innerhalb der Stufe (σ) besteht ein Zusammenhang. Er lautet, wie sich leicht ableiten läßt:

$$\Delta t_s = \frac{\varepsilon\, \ddot{U}}{\omega\, \sigma}. \qquad (\omega = 2\pi f)$$

Dabei ist Δt_s die auf den Scheitelwert der verketteten Spannung bezogene Stufenlänge und $\sigma \cdot \Delta t_s$ der Anteil der Stufe, welcher bei Leerlauf bzw. kleinster Belastung vor dem Ausschaltzeitpunkt liegt. $(1-\sigma)\, \Delta t_s$ ist also der für die Verzögerung des Anstieges der Sperrspannung maßgebliche, nach dem Ausschaltzeitpunkt liegende Teil der Stufe (vgl. Bild 1). Aus der Formel, welche in der obigen einfachen Form nur bei Schaltdrosseleisen mit sehr scharfem Sättigungsknick gilt, folgt:

1. Die Überlastbarkeit ist um so größer, je größer die Stufenlänge der Schaltdrossel gewählt wird.

2. Um eine vorgeschriebene Überlastbarkeit mit kleiner Stufenlänge zu erreichen, ist es notwendig, die Streuspannung im Kommutierungskreis klein zu halten.

3. Bei gegebener Stufenlänge und Streuspannung kann die Überlastbarkeit dadurch vergrößert werden, daß der Ausschaltzeitpunkt später gelegt wird. Dies bedeutet jedoch, daß im Leerlauf die Verzögerung des Anstieges der Sperrspanung, d. h. die Sicherheit, geringer wird.

Bezüglich der Wahl der Stufenlänge hat man nur bei Verwendung von 6 Schaltdrosseln, nämlich vor jedem Kontakt eine, vollständig freie Hand. Bei der normalerweise angewandten Schaltung mit 3 Drosseln (Bild 6), bei der die Schaltdrosseln für je zwei Kontakte gemeinsam in einer der Drehstromzuleitungen liegen und daher von Strömen beiderlei Richtung durchflossen werden, darf die Stufe der Schaltdrossel gewisse Grenzen nicht überschreiten, da sonst die für Stromwendung und Ummagnetisierung der Schaltdrossel zur Verfügung stehenden 60°

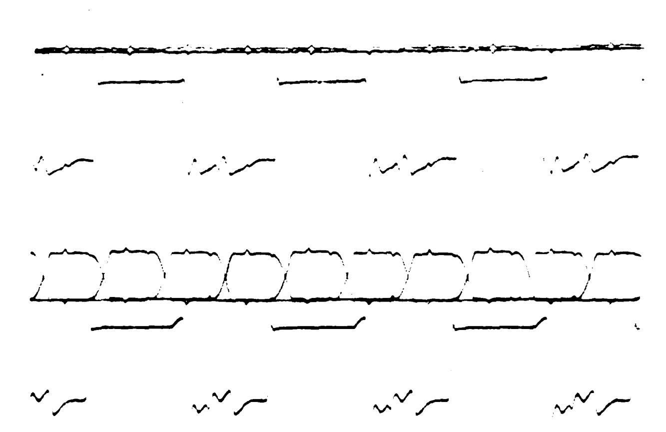


Bild 26. Verlauf der Sperrspannung unmittelbar nach der Kontaktöffnung bei Leerlauf und bei Vollast. Im letzten Fall schwingt sie längere Zeit ins Positive: Die Sicherheit des Kontaktumformers im Betrieb ist bei Vollast größer als bei Leerlauf.

zwischen positiver und negativer Stromwelle nicht ausreichen. Es besteht daher bei dieser Schaltung der Zwang, mit Rücksicht auf die Überlastbarkeit die Streuspannung klein zu halten. Daß dies — im Hinblick auf den Kurzschlußstrom — unbedenklich ist, wird noch gezeigt. Bis zu der oben definierten Überlastung ist der K-Umformer unempfindlich gegen Lastschwankungen oder Laststöße, es verschiebt sich dabei lediglich die Stufe gegen den Ausschaltzeitpunkt (Bild 25). Bei länger andauernden Überlastungen unterhalb der kritischen ist die Zeitkonstante der Erwärmung von Umspanner und Schaltdrosseln maßgebend für die zulässige Überlastungszeit. Die Kontakte selbst sind unempfindlich gegen Überlastungen.

Die Sicherheit gegen Rückzündungen hängt davon ab, um wieviel der Anstieg der Sperrspannung gegenüber dem Öffnungszeitpunkt der Kontakte verzögert ist. Diese Verzögerung der Sperrspannung ist am größten, wenn unmittelbar bei Beginn der Stufe geöffnet wird. Sie ist dann der Stufenlänge der Schaltdrossel gleich. Die Öffnungszeiten werden so eingestellt, daß sie beim größten betriebsmäßig vorkommenden Strom gerade am Anfang der Stufe liegen wie im unteren Oszillogramm des Bildes 26. Bei Leerlauf ist die Stromwendung früher beendet, die Stufe beginnt entsprechend früher. Da der Öffnungszeitpunkt unverändert bleibt, öffnet der Kontakt jetzt erst, nachdem ein Teil der Stufe abgelaufen ist, wie im oberen Oszillogramm des Bildes 26. Die Sicherheit, d. h. die Verzögerung des Anstiegs der Sperrspannung, ist also bei Belastung größer als im Leerlauf!

Diese Eigenschaft des K-Umformers steht im Gegensatz zum Verhalten von Maschinenumformern und Quecksilberdampfstromrichtern, bei denen im allgemeinen die Gefahr von Kommutatorfeuer oder Rückzündungen bei Belastung am größten ist. Es kann jedoch kein Zweifel sein, daß das umgekehrte Verhalten des K-Umformers das angenehmere ist, da man ja im allgemeinen die Umformer belastet und daher bei Belastung die größte Sicherheit fordern muß.

Es entsteht vielleicht die Frage, ob durch die Stromverzerrung der Schaltdrosseln zusätzliche, über die der Stromrichter hinausgehende Oberwellen entstehen. Die Oszillogramme des Bildes 27, welche von einem K-Umformer in dreiphasiger Sternschaltung stammen, zeigen, daß die Kurvenform der erzeugten Gleichspannung weitgehend übereinstimmt mit der von Ventilstromrichtern, und zwar sowohl bei Leerlauf als auch bei Vollast, bei voller Aussteuerung und in herabgesteuertem Betrieb. Das 5. Oszillogramm des Bildes zeigt den Betrieb in Brückenschaltung. Gemessen wurde hier die Spannung zwischen Umspannersternpunkt und Wechselstrom-

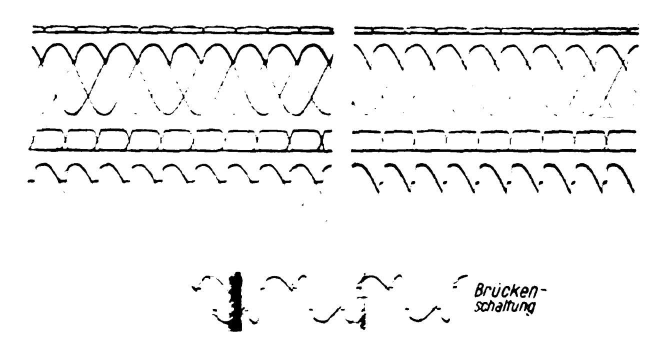


Bild 27. Die erzeugte Gleichspannung stimmt hinsichtlich Oberwellen weitgehend überein mit der von Ventilstromrichtern. Die oberen 4 Oszillogramme stammen von einem Umformer für 50 A, das untere von einem mit 1000 A belasteten.

anschluß eines Kontaktes. Der Umformerstrom war 1000 A, während es sich bei den oberen Oszillogrammen um ein kleines Gerät von etwa 50 A handelte. Der Grund dafür, daß in allen Oszillogrammen die gleiche charakteristische Spannungsform wie bei Ventilstromrichtern auftritt, liegt darin, daß die Stufe der den Strom abgebenden Schaltdrossel immer erst dann beginnt, wenn die Stromwendung beendet ist, während anderseits eine Stufe der den Strom übernehmenden Drossel zu Beginn der Kommutierung eine Verzögerung des Einsatzes der Stromwendung, also wie die Zündverzögerung beim Gasentladungsstromrichter ein Heruntersteuern bewirkt. Lediglich die Ecken der Spannungskurven sind gegenüber dem Verlauf bei Quecksilberdampf-Stromrichtern etwas verschliffen, weil Sättigung und Entsättigung auch des besten Eisens nicht sprunghaft einsetzen. Dies hat zur Folge, daß der K-Umformer keine hochfrequenten Störungen verursacht.

Die übrigen Probleme, welche die Ventilstromrichter hinsichtlich Oberwellen aufgeworfen haben, bestehen beim K-Umformer in gleicher Weise. Nur ein Vorteil ist zu erwähnen: Durch Anwendung der Brückenschaltung ergibt sich bei gegebener (ungerader) Phasenzahl n der speisenden Spannung eine $2n$-phasige Welligkeit der Gleichspannung, während die bei Quecksilberdampf-Stromrichtern üblichen Schaltungen dabei nur n-phasige Welligkeit ergeben. Hochphasige Welligkeit läßt sich daher mit dem K-Umformer einfacher erzielen als mit den üblichen Quecksilberdampf-Stromrichtern mit gemeinsamer Kathode. Während man letztere bei kleinen Leistungen mit Rücksicht auf die Einfachheit von Gefäß und Umspanner in der Regel dreiphasig ausführt, ist der K-Umformer auch bei kleinen Leistungen ohne besonderen Aufwand sechsphasig.

Der Leistungsfaktor des K-Umformers erreicht bei gutem Werkstoff der Schaltdrosselkerne entsprechend Bild 3 die gleichen Werte wie Ventilstromrichter, in der dreiphasigen Brückenschaltung bei voller Aussteuerung z. B. den Wert 0,90 bis 0,93. Bei schlechterem Werkstoff, d. h. weniger scharf ausgeprägtem Sättigungsknick, kommt er z. B. auf 0,85 bei voller Aussteuerung. Beim Herabregeln der Spannung durch Motorverdrehung — oder Einschieben einer Einschaltstufe — nimmt er wie bei Ventilstromrichtern ab. Dies ist ein beiden Geräten gemeinsamer Nachteil gegenüber Maschinenumformern.

Die bisherigen Betrachtungen setzten voraus, daß die speisende Drehspannung in ungestörter Symmetrie vorhanden ist, wie das tatsächlich im allgemeinen genügend genau zutrifft. Es kann jedoch in Sonderfällen vorkommen, daß die Drehspannung, z. B. durch einseitige Belastung einer Phase, stark unsymmetrisch wird. Ein Motor-Generator und noch mehr ein Ventilgleichrichter ist gegenüber solchen Verzerrungen nicht empfindlich.

Beim K-Umformer — jedenfalls bei den hier beschriebenen Konstruktionen — erfolgt die Zu- und Abschaltung der einzelnen Phasen zwangläufig durch das Getriebe ohne Rücksicht darauf, ob die Stromwendespannung die notwendige Größe und Richtung hatte und die Kommutierung beendet ist. Solange die Drehspannung ungestört ist, wird durch zweckmäßige Einstellung der Kontaktzeiten erreicht, daß über den ganzen Last- und Regelbereich die Kontaktöffnung ordnungsmäßig innerhalb der Stufe der Schaltdrossel stattfindet. Die Oszillogramme des Bildes 28 zeigen dagegen, was geschieht, wenn z. B. eine der Phasenspannungen stark abgesenkt wird. Bei den oszillographierten Versuchen wurde dies durch Anzapfen einer Umspannerphase erreicht. Die untere Schleife der Oszillogramme zeichnet den Verlauf der Sperrspannung unmittelbar nach der Kontaktöffnung, welcher für die Beurteilung der Sicherheit des Betriebes maßgebend ist. Bei ungestörter Drehspannung zeigt sie an allen Kontakten den gleichen, zunächst ins Positive ansteigenden Verlauf, um dann (über den Rand der Oszillogramme) ins Negative zu schwingen. Infolge der Absenkung der einen Phasenspannung verringert sich in dieser Phase die Stromwendespannung, die Stromwendung ist daher später beendet. Infolgedessen öffnet der zugehörige Kontakt mehr am Anfang der Stufe, und die Sperrspannung schwingt weiter ins Positive, die Sicherheit der Unterbrechung ist also erhöht. Wird die Spannung weiter verringert, wie im unteren Oszillogramm, so verzögert sich die Stromwendung schließlich so sehr, daß sie bei der Kontaktöffnung noch nicht beendet ist. Der Kontakt reißt dann Laststrom auf und feuert dabei. Zu einer Rückzündung kommt es aber nicht, da der Lichtbogen beim Durchlaufen der Stufe wieder erlischt. Dieser Betriebszustand ist aber nicht längere Zeit möglich, da der Kontakt anbrennt.

Man hat es, besonders bei der Schaltung mit sechs Drosseln, in der Hand, durch Bemessung der Schaltdrosseln die Unempfindlichkeit des Umformers mehr oder weniger groß zu machen, wie der jeweilige Betrieb

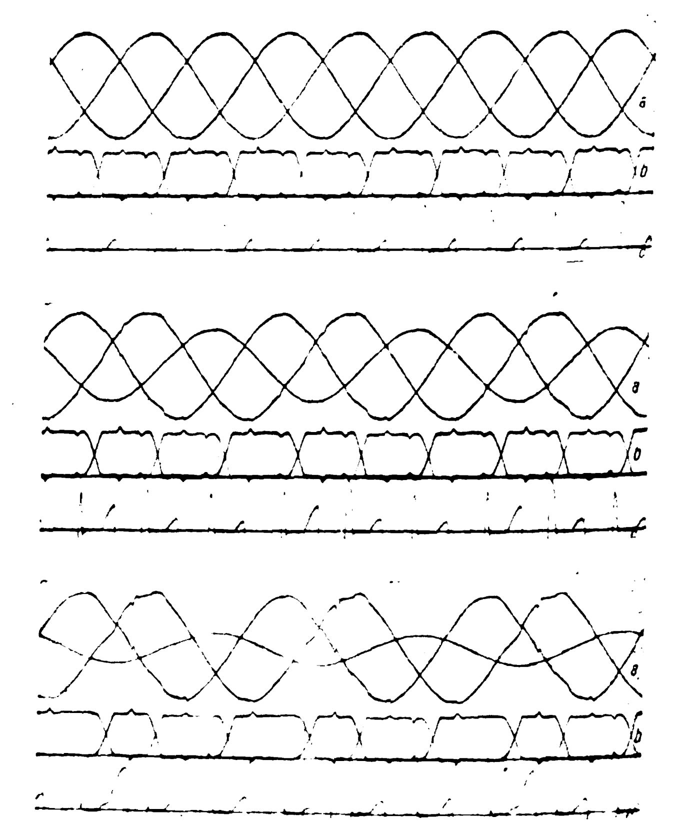


Bild 28. Bei künstlicher Absenkung einer Phasenspannung wird die Stromwendung in dieser Phase verzögert und dadurch die Sicherheit der Unterbrechung in dieser Phase erhöht. Bei zu weitgehender Absenkung (unteres Oszillogramm) reißt der Kontakt Laststrom auf. Es zündet eine Entladung, welche zwar in der nachfolgenden Stufe erlischt, jedoch den Kontakt beschädigt.

es erfordert. Es ist auch mit Spannungsstörungen zu rechnen, bei denen sich an einzelnen Kontakten die Sicherheit der Unterbrechung verringert, unter Umständen so weit, daß eine Rückzündung vorkommt. In diesem Fall muß der Umformer abgeschaltet werden, was selbsttätig durch den noch zu besprechenden Kurzschließer geschieht. Als Spannungsstörung ist auch eine über die Leerlaufspannung des Umformers zu weit hinausgehende Gegenspannung aufzufassen. Auch in diesem Fall besteht die Gefahr von Rückzündungen. Man hat es jedoch, besonders bei der Schaltung mit sechs Drosseln, durch Wahl der Drosselgröße in der Hand, die Empfindlichkeit gegen zu hohe Gegenspannung zu mildern. Trotzdem bleibt gegenüber Ventilstromrichtern in dieser Hinsicht ein grundsätzlicher Nachteil. Er wird sich von Fall zu Fall verschieden stark auswirken. Bei der ersten Versuchsanlage traten Spannungsstörungen infolge von Kurzschlußversuchen der Prüffelder des Werkes recht häufig auf. Dadurch wurde die Aufmerksamkeit frühzeitig auf diese Schwierigkeit gelenkt und Mittel gesucht, sie zu überwinden. Bei anderen K-Umformern an normalen Netzen traten jedoch Störungen, welche den Umformer zum Abschalten zwangen, nicht auf.

Natürlich ist es notwendig, die Umformer bei Störungen, welche zu Feuer an den Kontakten führen, zu schützen. Bei kleineren Geräten geschieht dies in der Weise, daß durch die Blaswirkung des Kontaktstromes selbst der Lichtbogen aus dem eigentlichen Kontakt herausgeblasen und dann durch einen Schutzschalter abgeschaltet wird. Auf diese Weise sind die Geräte recht kurzschlußfest, so daß ohne Auswechseln von Kontaktstücken nach Kurzschlüssen wieder eingeschaltet werden kann. Größere Sorgfalt mußte auf den Schutz großer Umformer verwandt werden. Hier sind die Kurzschlußströme immerhin so groß, daß sie auch in so kurzer Zeit, wie die Auslösezeit der Schutzschalter, die Kontaktstücke stark beschädigen. Es wurde ein radikales Mittel gewählt, um dies zu verhindern, nämlich Kurzschließen der Drehspannung unmittelbar vor den Kontakten. Das Gerät hierzu zeigt Bild 29. Die drei Drehstromphasen sind unter einen Teller geführt, welcher, im Betrieb von einem Magnetsystem gehalten, in geringem Abstand über ihnen schwebt. Beim Absinken der Gleichspannung — welche das Magnetsystem speist — fällt der Teller in einer Zeit von etwa 10^{-3} s auf die Schienen und schließt sie unter großem Druck kurz. In dieser Zeit wird höchstens einer der Umformerkontakte beschädigt, und zwar so wenig, daß er nicht ausgewechselt zu werden braucht.

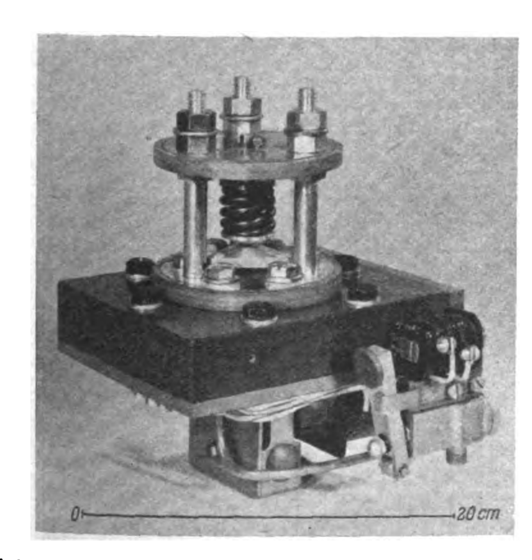


Bild 29. Kurzschließer mit zusätzlichem elektrodynamischen Anpreßdruck, ausreichend für die größten bisher gebauten Umformer. Eigenzeit etwa 10^{-3} s. Öffnen durch Druckluftkolben, Halten durch Magnetsystem an Gleichspannung des Umformers, Abfallen bei starker Absenkung dieser Spannung, z. B. durch Kurzschluß.

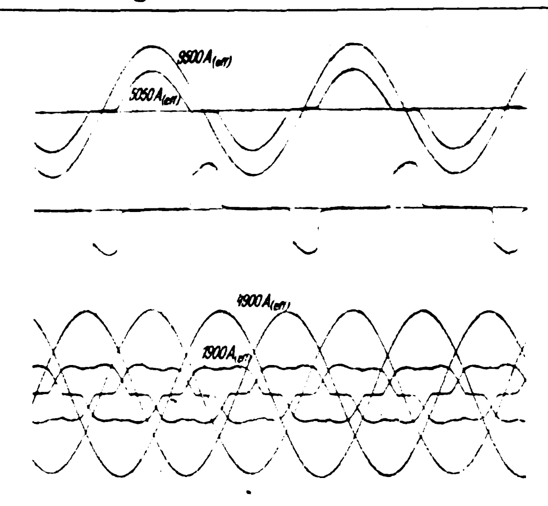


Bild 30. Kurzschlußstrombegrenzung durch Schaltdrosseln. Im oberen Oszillogramm zeichnet die untere Schleife die Spannung an der Schaltdrossel. Induktiver Kreis, einmal mit Eisenkern, einmal mit Holzkern in der Schaltdrossel. Der Kurzschlußstrom ist um so kleiner, je größer die Schaltdrossel, d. h. ihre Stufenlänge, ist.

Vorsichtigerweise wird man diese Auswechselung trotzdem nach jeder solchen Störung vornehmen, denn sie ist schnell ausgeführt und verursacht keine große Kosten.

Das Verfahren, bei Störungen den ganzen Umformer an seinen Klemmen kurzzuschließen, ist ein ungebräuchliches Gewaltmittel. Denn es kommt einem Netzkurzschluß gleich, und der entstehende Kurzschlußstrom muß durch den Leistungsschalter abgeschaltet werden. Beim K-Umformer liegt aber ein besonderer Umstand vor, welcher dieses Verfahren rechtfertigt.

Der Kurzschlußstrom eines K-Umformers wird nämlich durch die Schaltdrosseln beträchtlich verringert. Wie dies zustandekommt, zeigt Bild 30, welches oben einen einphasigen, unten einen dreiphasigen Kurzschluß mit und ohne Schaltdrosseln bei gleicher Luftreaktanz im Kurzschlußstromkreis im Oszillogramm wiedergibt. Der Eisenkern der Schaltdrosseln nimmt in den Nulldurchgängen des Stromes einen Teil der den Kurzschlußstrom treibenden Spannungsfläche einer Halbwelle für sich in Anspruch, wie die untere Schleife des oberen Oszillogrammes zeigt. Im dreiphasigen Kurzschluß wird der Strom fast um einen Faktor 3 verringert. Für die elektrodynamischen Kurzschlußkräfte bedeutet dies eine Verringerung um den Faktor 9. Die Rückwirkung des Kurzschlusses auf Netz und parallelarbeitende Umformer ist stark gemildert. Natürlich hängt das Maß der Begrenzung des Kurzschlußstromes von der Größe der Schaltdrosselstufe ab. Wenn man keine Rücksicht auf den Aufwand zu nehmen brauchte, könnte man Umformer bauen, deren Kurzschlußstrom überhaupt Null (bzw. gleich dem geringen Magnetisierungsstrom der Schaltdrosseln) ist, und welche dabei doch — besonders bei gutem Eisen für die Schaltdrosseln — eine steife Kennlinie aufweisen; die Stufenlänge der Schaltdrosseln müßte dazu etwa $3 \cdot 10^{-3}$ s, bezogen auf den Scheitelwert der verketteten Spannung, sein.

Der Vorteil des geringen Kurzschlußstromes ergab sich bei der Entwicklung des K-Umformers unbeabsichtigt. Er dürfte vom Betriebsingenieur besonders geschätzt werden und ist einer der Gründe dafür, daß die Entwicklung großer Umformer verhältnismäßig schnell gelang. Das Experimentieren und auch der praktische Betrieb mit dem K-Umformer ist auch bei großen Leistungen verhältnismäßig risikolos, einmal weil die Kurzschlußströme klein sind, zum anderen aber auch, weil Beschädigungen der Kontakte schnell und billig zu beheben sind, während sowohl bei Maschinenumformern als auch bei Quecksilberdampf-Stromrichtern die Beseitigung

von Kurzschluß- oder Rückzündungsschäden erhebliche Kosten und Zeit erfordert.

Auch auf den Bau der Umspanner wirkt sich der geringe Kurzschlußstrom erleichternd aus. Insgesamt haben Umspanner für K-Umformer gegenüber solchen für Quecksilberdampf-Stromrichtern folgende Vorteile:

1. Die Typenleistung ist je nach der Schaltung um 20 % bis 40 % geringer.
2. Für sechs- und zwölfphasige Umformung können normale dreiphasige Umspanner (in Stern- und Dreieckschaltung) verwendet werden. Der komplizierte Aufbau mancher Stromrichtertransformatoren fällt fort.
3. Die Anforderungen an die Kurzschlußfestigkeit des Umspanners sind im Gegensatz zu Umspannern für Quecksilberdampf-Stromrichter sogar geringer als bei normalen Netzumspannern.

Im vorstehenden konnte nur ein knapper Überblick über das neue Gebiet gegeben werden. So wurde nur ein Fall der Frequenzumformung, nämlich die Gleichrichtung, behandelt. Der umgekehrte Vorgang, nämlich die Umformung einer Gleichspannung in Wechsel- oder Drehspannung (Wechselrichter) bietet beim K-Umformer gegenüber den Ventilstromrichtern keine zusätzlichen Schwierigkeiten. Da die Kontakte keine Ventilwirkung haben, ist direkter Übergang vom Gleichrichten zum Wechselrichten unter Umkehr der Stromrichtung ohne Umschaltung der Stromleitungen möglich. Das Blindleistungs- und Trittgrenzproblem besteht wie bei Ventilstromrichtern, jedoch sind die Kurzschlußströme bei Überschreitung der Trittgrenze kleiner.

Mit Gleichrichter und Wechselrichter sind alle Umformungen ausführbar, welche einen Gleichstromzwischenkreis verwenden. Infolge des hohen Wirkungsgrades und des geringen Aufwandes für Umformer und Umspanner haben diese Schaltungen beim K-Umformer besondere Bedeutung.

Der hier beschriebene Umformer wurde bei der Aufgabe, einen Gleichrichter für hohe Spannung zu entwickeln, erfunden. Die Verwendung gesättigter Drosseln für Umformer (mit Schleifkontakten) ist, wie wir später feststellten, nicht ganz neu. Sie wurde vor vielen Jahren in den V. S. Amerika bereits von Mills[3]) vorgeschlagen. Der Vorschlag geriet aber wieder in Vergessenheit. Dies dürfte seinen Grund darin haben, daß der Erfolg erst durch das Zusammenwirken mehrerer Faktoren ermöglicht wird, und zwar in der Hauptsache folgender:

1. Verwendung hochwertigen Werkstoffes für die Drosseln.
2. Verwendung von Druckkontakten an Stelle von Schleifkontakten.
3. Kondensatoren parallel zu den Kontakten.
4. Vormagnetisierung der Schaltdrosseln.

Den Siemens-Schuckertwerken ist zu danken, daß sie die Mittel für die Durchführung der Entwicklung bereitstellten. Insbesondere Herrn Dr. Kesselring, in dessen Abteilung der Umformer entstand, danke ich für alle Liebe, die er der Sache vom ersten Anfang an entgegenbrachte, für seine stetige Hilfe und Förderung sowohl der praktischen Durchführung als auch besonders der notwendigen Vorarbeiten. Ferner danke ich herzlich den Herren G. Letsch, M. Zühlke, E. Rolf H. J. Mattern, J. Wegener, W. Hartger, H. J. Kleinvogel, R. Penk, P. Steffen, A. Unte und allen anderen Beteiligten und Mitarbeitern, die zum Gelingen der Arbeit durch konstruktive, praktische und theoretische Beiträge und durch ihren Einsatz beigetragen haben.

Zusammenfassung

Der Kontaktumformer, über den hier erstmalig berichtet wurde, dient zur Umformung von Drehspannung in Gleichspannung. Er ist ein synchrones Schaltgerät mit Druckkontakten, die durch gesättigte Drosseln von jedem Schaltfeuer entlastet und daher dauerfest sind. Die rein metallische Leitfähigkeit der Strombahn hat geringen Werkstoffaufwand und kleine Verluste zur Folge. Betriebserfahrungen, die sich bereits über einige Jahre erstrecken, lassen ihn berufen erscheinen, sowohl bei kleinen als auch bei den größten Stromstärken die bisherigen Umformer und Stromrichter auf manchen Gebieten abzulösen, auf denen hoher Wirkungsgrad verlangt wird.

[3]) DRP. 344 726

Bericht über die Aussprache

zu dem am 17. September 1940 in der Bezirksversammlung gehaltenen Vortrag[4]) des Dr.-Ing. F. Koppelmann VDE über das Thema:

„Der Kontaktumformer, ein neuer Umformer für kleine und große Leistungen".

Vorsitz: Professor Dr.-Ing. Max Kloß VDE

G. Rössiger: Die durch Herrn Dr. Koppelmann vorgetragene neuartige mechanische Umformung von Wechselstrom in Gleichstrom mittels eines Kontaktumformers ist erstmalig bei den I. G.-Werken in Bitterfeld praktisch auf ihre Arbeitsweise und Betriebssicherheit hin untersucht worden. Der bereits seit 5 Monaten in ununterbrochenem Dauerbetrieb arbeitende Kontaktumformer besitzt eine Leistung von 1500 kW. Die Gleichstromspannung ist von 225 bis 300 V regelbar, sein höchstzulässiger Strom beträgt 5000 A dauernd.

Auf Bild 1 sehen sie einen ganz normalen dreiphasigen Transformator, der zur Vermeidung störender Induktivitäten mit einer kleinen Kurzschlußspannung von 3,5% ausgelegt ist. Besondere Wicklungsversteifungen sind an ihm im Gegensatz zum Gleichrichter-Transformator nicht erforderlich, da infolge Nachschaltung einer Schaltdrossel bei Störungen im Kontaktapparat Kurzschlußströme von höchstens zweieinhalbfachem Nennstrom auftreten können.

Der Anlasser ist im Schaltschrank untergebracht und wird mittels eines Selbstschalters nach dem Anlassen des Kontaktumformers überbrückt. An Stelle des druckluftgesteuerten Selbstschalters kann auch unbedenklich ein Trennschalter eingebaut werden. Für die ersten Versuche hatten wir uns jedoch entschlossen, an dieser Stelle einen Selbstschalter mit Überstromauslösung anzuordnen, um gegen etwaige Störungen im 5 kV-Netz doppelt gesichert zu sein.

Die Schaltdrossel ist luftgekühlt ausgeführt. Infolge der ringförmigen Anordnung der Wicklungen sind besondere Kurzschlußversteifungen auch hier nicht erforderlich, da sich die auftretenden mechanischen Kräfte gegenseitig aufheben. Wir haben angeregt, die Schaltdrossel in Zukunft ölgekühlt zu bauen, uns schwebt sogar vor, zur Vermeidung der induktiven Spannungsabfälle in den Zuleitungen Drossel- und Trennschalter in bzw. am Ölkessel des Transformators unterzubringen.

Der Kontaktapparat selbst ist noch in der ursprünglichen Bauart ausgeführt, bei dem die Kontakte ringförmig um die senkrecht stehende Exzenterwelle angeordnet sind. Diese erste Bauart lehnt sich unbewußt an die des Eisen-Gleichrichters an. Erst in letzter Zeit sind die Erbauer eigene Wege gegangen und haben durch die waagerechte Anordnung der Exzenterwelle eine leichte Zugänglichkeit zum Antriebsmotor sowie eine einfache Führung der Stromzuleitungen zu den Schaltkontakten geschaffen, während bei der ringförmigen Anordnung der Kontakte die Wartung des Synchronmotors recht problematisch ist und die Unterbringung der Stromzuleitungen einige Schwierigkeiten bereitete. Überraschend ist der geringe Platzbedarf des Kontaktapparates, der bei einem Durchmesser von 1 m nicht größer als 1,70 m ist (Bild 2).

[4]) Siehe S. 3.

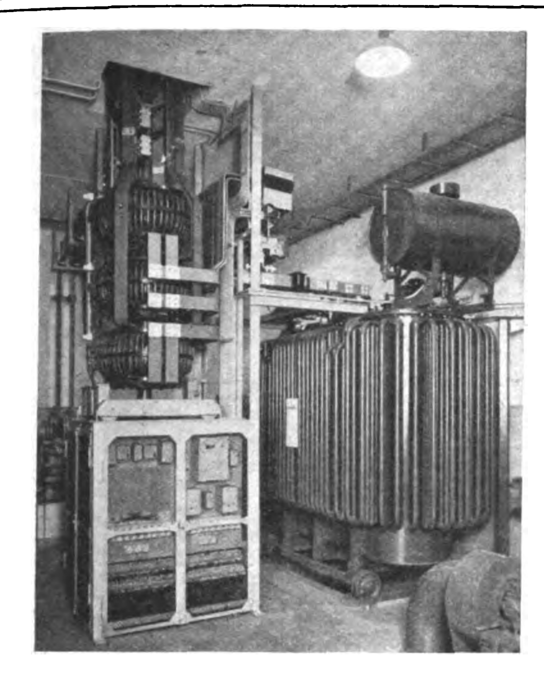


Bild 1. Transformator und Schaltdrossel.

Ein Einankerumformer gleicher Größe benötigt ein mehrfaches an Platz. Noch überzeugender sprechen die Gewichte. Während ein Einankerumformer von 1500 kW Leistung etwa 16 t wiegt, beträgt das Gewicht des Kontaktumformers einschließlich Schaltdrossel etwa 2 t. Infolgedessen sind weder irgendwelche Fundamente erforderlich noch wird zur Montage des Kontaktumformers ein Kran benötigt.

Der Kontaktumformer gewährleistet eine dauernde Betriebsbereitschaft und kann in kürzester Zeit mit wenigen Handgriffen angelassen werden. Nach Betätigung des Leistungsschalters werden mit einem gemeinsamen Steuerschalter Ölumlaufpumpe, Wasserkühlung und Synchronmotor eingeschaltet, dessen synchroner Lauf am Strommesser abzulesen ist. Dann wird der Kontaktapparat mittels des Anlassers auf Spannung gefahren und kann nach Einlegen des Selbstschalters wie jede Gleichstrommaschine auf das Netz parallel geschaltet werden. Das Abschalten der Grundlast erfolgt selbsttätig bei einer Belastung mit 1000 A.

Die Wartung des Apparates während des Betriebes beschränkt sich auf Überwachung des Öldrucks und auf die Beobachtung der Schaltkontakte. Aus Sicherheitsgründen haben Ölumlaufpumpe und Wasserkühlung Meldekontakte. An Schutzeinrichtungen sind wie bei jeder Maschine Buchholzschutz, Überstromschutz und gleichstromseitig Überstrom- sowie Rückstromauslösung vorgesehen. Man kommt also im Gegensatz zum Gleichrichter mit einem Minimum von Relais aus.

Der Kontaktumformer ist jetzt über 1 Jahr in Bitterfeld in Betrieb, und es wird jedem verständlich sein, daß anfangs nicht alles ganz glatt gegangen ist. Das Ein- und Ausschalten der Kontakte erfolgte in der ersten Zeit nicht absolut funkenfrei, da der Werkstoff für die Einschaltdrossel nicht geeignet war. Es zeigte sich an den Kontakten eine langsame Materialwanderung entgegen der Stromrichtung, d. h. auf der Stromeintrittseite des Kontaktes bildeten sich kleine Erhebungen, während auf der Stromaustrittseite Vertiefungen entstanden. Durch diese stetig wachsenden Metallperlen wurde der Schaltweg langsam, aber stetig kleiner, bis es schließlich zur Rückzündung kam. Diese trat gewöhnlich nach 48 bis 60 Stunden Dauerbetrieb ein. Betriebliche Störungen entstanden durch diese Rückzündungen in keinem Falle. Schnellschalter und Selbstschalter lösten durch Rückstrom bzw. Überstrom aus, die Last wurde von den parallellaufenden Einankerumformern übernommen, und im 5 kV-Netz ist die Abschaltung in den meisten Fällen gar nicht registriert worden. Auch am Kontaktapparat selbst waren die Schäden harmlos und konnten in kürzester Zeit behoben werden. Wie bereits Herr Dr. Koppelmann auseinandersetzte, liegt parallel zu den Kontakten ein Kurzschließer, welcher bei Rückzündungen sofort einfällt, so daß die Kurzschlußstelle vor die Kontakte gelegt und ein Abbrennen der Kontakte unterbunden wird. In den meisten Fällen genügte es, die Schmelzperlen zu beseitigen. Es kam auch vor, daß Kontaktplatten ausgewechselt werden mußten. Da dieser Arbeitsvorgang leicht und einfach durchführbar ist, war der Umformer nach längstens einer halben Stunde wieder betriebsbereit. Es ist jedoch gelungen, die magnetischen Eigenschaften des Drosseleisens durch Verwendung hochwertigerer Blechlegierungen derart zu verbessern, daß heute der Kontaktumformer bereits über 5 Monate in Dauerbetrieb arbeitet, ohne daß irgendwelche Störungen an den Kontakten aufgetreten sind.

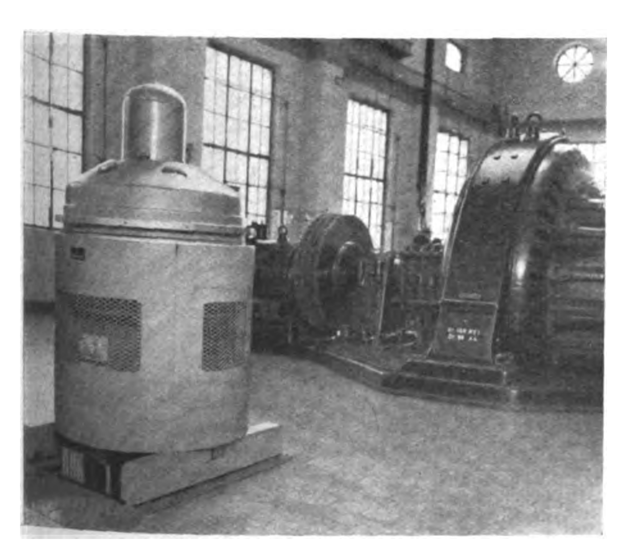


Bild 2. Kontaktapparat.

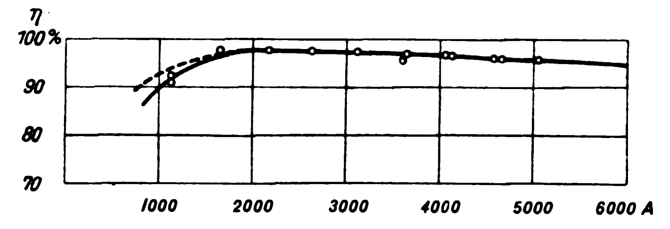


Bild 3. Gemessener Wirkungsgrad des Kontaktumformers.

Erwähnen möchte ich noch hierbei, daß wir auch künstlich Rückzündungen hervorgerufen haben, indem wir den Antriebsmotor der Exzenterwelle ausschalteten. Wir ahmten also bewußt den Vorgang einer starken Spannungsabsenkung im Drehstromnetz nach, bei der der Synchronmotor außer Tritt fallen kann. Auch bei dieser Gewaltprobe waren im ungünstigsten Falle nur ein paar Kontakte auszuwechseln. Eine zweite wesentlich harmlosere Störungsquelle war die Wasserkühlung. Die Kühlung der Kontakte geschieht über eine von normalem Leitungswasser durchflossene Ringleitung, an die die einzelnen Kontakte mit Gummischlauchleitungen parallel angeschlossen sind. Durch Verunreinigungen, wie Rostbildung und Ansatz von Kesselstein in den Kühlkanälen fiel die Kühlung eines Kontaktes aus. Der Kontakt wurde heiß, und es änderten sich infolgedessen seine Schaltzeiten gegenüber denen der kalten Kontakte. Diese Unsymmetrie führte schließlich zu einer Rückzündung. An den einzelnen Anschlußnippeln der Kühlkanäle wurden außerdem elektrolytische Anfressungen festgestellt. Zur Beseitigung dieser Fehler ist eine Umlaufkühlung mit destilliertem Wasser eingebaut worden. Da jedoch destilliertes Wasser aggressiv ist, sank sehr bald sein spezifischer Widerstand, so daß sich die Anfressungen an den Nippeln weiterhin zeigten. Augenblicklich werden die Kontakte mit Glykol im Umlauf gekühlt, und es ist zu erwarten, daß nunmehr die Werkstoffanfressungen aufhören. Wir würden empfehlen, in Zukunft die Kühlleitungen der Kontakte in Serie zu schalten, da nur so eine zuverlässige Überwachung möglich ist.

Große Aufmerksamkeit widmeten wir natürlich dem Nachweis des uns garantierten Wirkungsgrades. Dabei gaben wir uns nicht mit Einzelverlustmessungen zufrieden, sondern haben versucht, direkte Wirkungsgradmessungen durchzuführen. Wir waren uns bewußt, daß eine unmittelbare Bestimmung des Wirkungsgrades schwierig ist, und widmeten deshalb der Auswahl der Instrumente besondere Aufmerksamkeit; Beeinflussungen durch Fremdfelder wurden vermieden. Das Ergebnis unserer Messungen sehen Sie in Bild 3. Die Klemmenspannung wurde konstant bei 265 V gehalten, der Apparat war also nicht voll ausgesteuert. Gemessen ist bei Vollast ein Wirkungsgrad von 96,2%, bei $\frac{3}{4}$-Last von 97,3%, bei $\frac{1}{2}$-Last von 97,8% und bei

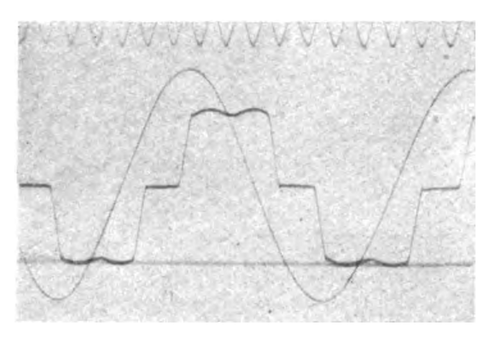


Bild 4. Strom und Spannung auf der Primärseite des Transformators.

$^1/_4$-Last von 95%. Bei diesen Verlusten sind alle Hilfsenergien, wie Wasserumlaufkühlung, Ölumlaufpumpe usw. meßtechnisch mit erfaßt worden. Die oszillographische Aufnahme der Strom- und Spannungskurve bei Vollast auf der 5 kV-Seite des Transformators (Bild 4) zeigt eine glatte oberwellenfreie Spannungskurve und die für den Kontaktumformer charakteristische Stromkurve, die der des Quecksilberdampfgleichrichters sehr ähnelt.

Der Parallelbetrieb mit Motorgeneratoren, Einankerumformern und Gleichrichtern macht in keinem Falle, sowohl im intermittierenden als auch im Dauerbetrieb, irgendwelche Schwierigkeiten. Dies geht auch ohne weiteres aus den äußeren Kennlinien (Bild 5) hervor. Beim Parallelschalten des Kontaktumformers muß nur darauf geachtet werden, daß seine Spannung etwa 10 V höher als die der Netzspannung liegt, da im Anfang die Kennlinie stark abfällt.

Was bedeutet nun die Erfindung des Kontaktumformers für die chemische Industrie? Bis Ende der zwanziger Jahre sind die meisten Elektrolysen durch Hintereinanderschaltung von Bädern so gestaltet worden, daß die maximale Spannung bei 500 V lag. Der erforderliche Gleichstrom wurde allgemein durch Umformung mittels Einankerumformern oder Motorgeneratoren erzeugt. Als die Elektroindustrie in der Lage war, Quecksilberdampfgleichrichter für hohe Dauerstromstärken betriebssicher zu bauen, dessen größere Wirtschaftlichkeit gegenüber rotierenden Umformern allerdings erst bei Spannungen über 500 V lag, sah sich die chemische Industrie gezwungen, ihre neu zu erbauenden Elektrolysen für höhere Spannungen bis zu 1000 V Nennspannung zu bemessen. Für die vielen alten Elektrolysen bestand jedoch kein Anreiz, sie durch Hintereinanderschaltung mehrerer Bädergruppen auf Gleichrichterbetrieb umzustellen, da die für die höhere Spannung erforderliche Neuisolierung der gesamten Bäderanlage so teuer wurde, daß eine derartige Maßnahme ihre Wirtschaftlichkeit in Frage gestellt hätte. Wenn man es auch weiterhin gelernt hatte, in wäßrigen Elektrolysen mit hohen Spannungen zu arbeiten und anfängliche Schwierigkeiten heute überwunden sind, so erfordert doch der Betrieb selbst bei sorgfältigster Wartung eine erhöhte Kontrolle, und die Reparaturarbeiten können nur unter Anwendung gewisser Vorsichtsmaßnahmen ausgeführt werden. Jeder Chemiker wird bestätigen, daß das Arbeiten bei hohen Spannungen recht ungemütlich ist, und daß er ruhiger schlafen kann, wenn er eine Niederspannungselektrolyse zu betreuen hat. Der Kontaktumformer bietet nun die Möglichkeit, die Energieerzeugungsanlagen der alten Niederspannungselektrolysen zu modernisieren und ihre Wirtschaftlichkeit bedeutend zu erhöhen. Der Kostenaufwand ist gering, da rd. $^2/_3$ der zu amortisierenden Beschaffungskosten allein durch die wesentliche Verbesserung des Wirkungsgrades aufgebracht werden, ja daß sich sogar je nach dem Wirkungsgrad der vorhandenen Maschinenanlage die Beschaffung eines Kontaktumformers durch die ersparten Kilowattstunden bezahlt machen kann. Auch bei Neuanlagen von wäßrigen Elektrolysen besteht ein großer Anreiz, wieder zu den ursprünglichen Spannungen zurückzukehren, da neben größter Wirtschaftlichkeit der Gleichstromenergieerzeugung der Kostenaufwand für die Elektrolyse selbst geringer ist.

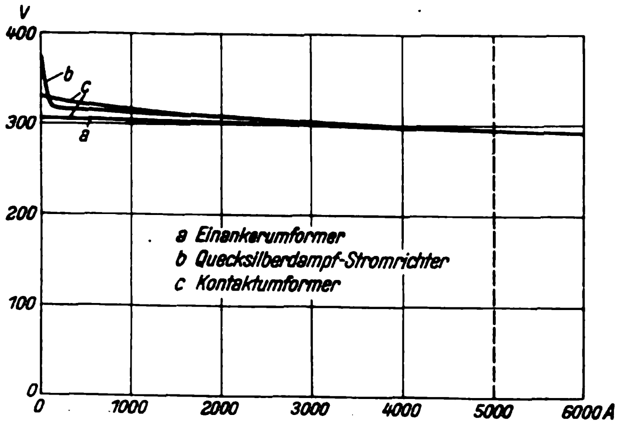


Bild 5. Äußere Kennlinien.

Da die Produktion vornehmlich bei Schmelzflußelektrolysen unter Konstanthaltung des Stromes durch Zu- und Abschalten von einzelnen Bädern oder ganzen Bädergruppen geregelt wird, ist nur noch zu untersuchen, wie sich der Wirkungsgrad des Kontaktumformers bei Teilbeträgen der Nennspannung verhält. Auch hier ist der Wirkungsgrad von keiner bisher bekannten Umformerart zu schlagen (Bild 6).

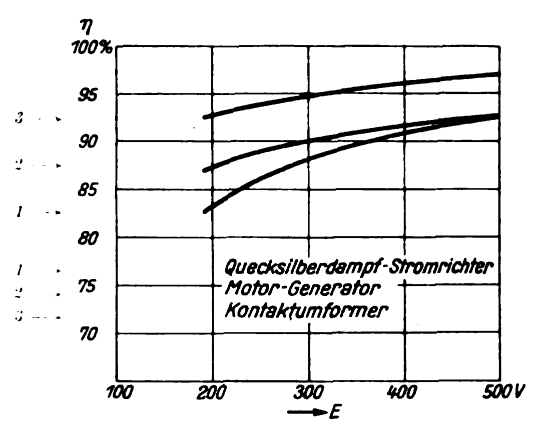


Bild 6. Wirkungsgrade als Funktion der Spannung für 500 V Nennspannung.

Ein weiteres dankbares Anwendungsgebiet für den Kontaktumformer ist die Energieerzeugung für die Elektrographitierungsanlagen. Der Graphitierungsprozeß während einer Ofencharge beginnt bei Nennspannung und verhältnismäßig kleinen Strömen und endet bei rd. $^1/_3$ der Anfangsspannung und Nennstrom. Infolgedessen arbeitet ein Motor-Generator stets nur mit Teillasten, so daß der Wirkungsgrad der Energieumformung unbefriedigend ist. Man ist deshalb bei einzelnen Firmen dazu übergegangen, die Öfen mit Einphasen-Wechselstrom zu betreiben, mußte allerdings dabei eine unsymmetrische Belastung des Drehstromnetzes und einen $\cos \varphi$ bis zu 0,6 in Kauf nehmen. Heute ist es wieder möglich, die Öfen mit Gleichstrom bei Wirkungsgraden von 93 bis 96% der Energieerzeugungsanlage zu betreiben.

Da der Kontaktumformer auch noch bei kleinen Spannungen von etwa 30 V aufwärts gegenüber rotierenden Umformern wesentlich wirtschaftlicher arbeitet, ist die Möglichkeit gegeben, ihn in dem großen Gebiet der Elektroplattierung erfolgversprechend einzusetzen.

Vorsitzender: Es bleibt mir nur noch übrig, Herrn Dr. Koppelmann für seinen außerordentlich instruktiven und wertvollen Vortrag zu danken. Ich habe bereits auf den Beifall hingewiesen, der eine Quittung dafür gewesen ist. Ich glaube in Ihrer aller Sinne zu sprechen, wenn ich zum Ausdruck bringe, daß wir hier Zeugen einer Entwicklungarbeit sein durften, die — ich möchte fast sagen — einzigartig ist. Ein ganz neues Problem ist — wie so oft in der Technik — erst von einem ganz anderen Gesichtspunkt aus angepackt und dann nachher in diese Bahn gelenkt worden. Daß dabei sehr viele Schwierigkeiten zu überwinden waren, hat Herr Dr. Koppelmann auch gezeigt. Aber daß sie alle überwunden worden sind, das war — und das hat ja Herr Dr. Koppelmann selbst in seinem Vortrag erwähnt — vor allen Dingen offenbar das Ergebnis einer Gemeinschaftsarbeit, denn ohne sie wäre eine solche Entwicklung wohl gar nicht möglich gewesen. Damit soll das persönliche Verdienst des Herrn Koppelmann an der Erkenntnis der bei seinem Umformer auftretenden Vorgänge und ihrer wissenschaftlichen und konstruktiven Auswertung in keiner Weise geschmälert werden. Ich danke Ihnen nochmals im Namen der Versammlung für Ihren Vortrag.

F. Kesselring[1]: Der Vortrag von F. Koppelmann gibt einen Überblick über den heutigen Stand unserer Entwicklungsarbeiten auf dem Gebiet des Kontaktumformers. Da es sich bei diesem Gerät um die erste Verwirklichung eines mechanischen Großgleichrichters handelt, dürfte es von Interesse sein, noch einiges aus der Vorgeschichte zu erfahren. Man wird daraus erkennen, daß wir das Problem des mechanischen Gleichrichters immer von neuem wieder aufgegriffen haben, bis es schließlich Koppelmann und seinen Mitarbeitern gelang, eine technisch brauchbare Lösung zu finden.

Zunächst einige Worte zu den mehr psychologischen Voraussetzungen: Von meiner Jugend an war es mein sehnlichster Wunsch, die Idee des mechanischen Gleichrichters irgendwie zu verwirklichen. Die erste, im Jahre 1912 zusammen mit meinem Bruder gebaute Ausführung war ein Schwinggleichrichter mit Quecksilberkontakten. Als ich im Jahre 1921 nach einem Dissertationsthema Umschau hielt, war es beinahe selbstverständlich, das Problem des mechanischen Gleichrichters zum Gegenstand meiner Untersuchungen zu machen[2]). Zur Verbesserung der Kommutation wurden Nebenwege und sogenannte „Schaltpole" vorgeschlagen; im ganzen genommen waren aber die Ergebnisse zumindest im Hinblick auf Großgleichrichter nicht sehr ermutigend. Bedeutend günstigere Verhältnisse lagen bei einem im Anschluß daran (1923) untersuchten Synchrongleichrichter mit Flüssigkeitsstrahlen[3]) vor. Beim Betrieb dieses Gerätes mit Elektrolyten (H_2SO_4 bzw. NaOH) war ein vollkommen funkenfreier Betrieb möglich. Bei Verwendung von Quecksilber traten kleine Lichtbogen auf; die Anordnung war aber so getroffen, daß das verdampfte Quecksilber kondensierte und wieder in den Kreislauf eingeschaltet wurde. Von da ab ruhten die Arbeiten am mechanischen Gleichrichter wegen anderer beruflicher Inanspruchnahme, bis dann im Jahre 1929 nach Inbetriebnahme des SSW-Hochleistungsprüffeldes mit den Untersuchungen an einem lichtbogenfreien Elektrolytschalter, dem sogenannten X-Schalter, begonnen wurde. Diese Untersuchungen zeigten, daß es bei einer wiederkehrenden Spannung bis zu etwa 4000 V möglich war, Ströme von fast beliebiger Größe (die Untersuchungen wurden bis 25 000 A ausgedehnt) vollkommen lichtbogenfrei zu unterbrechen. Diese Feststellung mußte bei uns den Gedanken auslösen, das Prinzip des X-Schalters auf den mechanischen Gleichrichter anzuwenden. Den Lösungsgedanken zeigt Bild 1[4]). Das Flüssigkeitsgefäß besteht aus einer

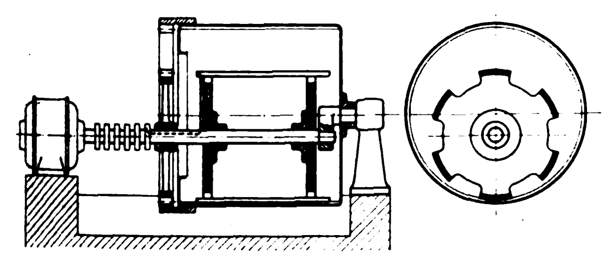


Bild 1. Grundsätzlicher Aufbau eines Elektrolytgleichrichters. Flüssigkeitsoberfläche durch Zentrifugalkräfte stabilisiert.

schnell umlaufenden Trommel, längs deren Mante sich der Elektrolyt in einer dünnen Schicht vollkommen gleichmäßig verteilt. Der Stromübergang erfolgt dadurch, daß jeweils ein Segment des inneren synchron umlaufenden Rades in die Elektrolytschicht eintaucht. Durch die so bewirkte Stabilisierung der Flüssigkeitsoberfläche und die praktisch gleiche Umfangsgeschwindigkeit zwischen Trommel und eintauchendem Segment war es gelungen, das für die Einhaltung sicherer Isolationsverhältnisse so schädliche Herumspritzen des Elektrolyten zu vermeiden. Der innere Widerstand konnte infolge der kleinen Schichtdicke und großen Übergangsfläche gering gemacht werden, was einen guten Wirkungsgrad auch bei kleinen Spannungen ergab. Da die Versuche mit einem kleinen Modellgleichrichter alle theoretischen Voraussetzungen bestätigten, wurde anschließend zum Bau eines Großgleichrichters geschritten, dessen Verwirklichung vornehmlich der Initiative von E. O. Kieffer zu verdanken ist. Bild 2 zeigt einen Elektrolytgleichrichter für 2500 A und 265 V, der längere Zeit zur Speisung einer Wasserstoffelektrolyse in Betrieb gewesen ist.

[1]) Schriftlich eingesandt. Infolge der vorgeschrittenen Zeit konnte dieser Beitrag anläßlich des Vortrages nicht mehr vorgetragen werden.

[2]) „Theoretische und experimentelle Untersuchung über den rotierenden Gleichrichter", Zürich 1923, Diss.-Druckerei Gebr. Lehmann & Co.

[3]) Vgl. F. Kesselring, VDE-Fachber. (1931) S. 21 „Die technischen und wirtschaftlichen Aussichten des Synchrongleichrichters", insbes. Bild 1.

[4]) Entspricht Fig. 2 u. 3 des DRP 573 204 v. 19. 6. 31; vgl. auch das von uns zufällig aufgefundene Amer. Pat. Nr. 1.457.902 v. 9. 5. 1921.

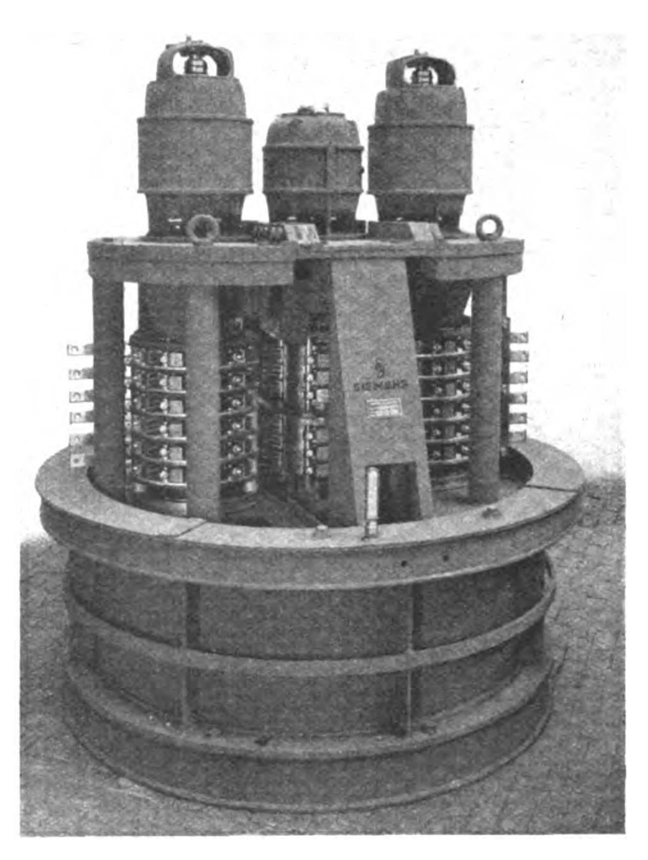


Bild 2. Elektrolyt-Gleichrichter für 2500 A und 265 V mit zwei senkrecht stehenden Segmenträdern.

Anfang 1935 trat an uns die Aufgabe heran, einen Gleichrichter für höhere Spannungen zu entwickeln. Der Elektrolytgleichrichter schied wegen der zu erwartenden Isolationsschwierigkeiten zunächst aus. Es lag aber nach dem Vorangegangenen nahe, zu versuchen, auch dieses Problem in Form eines mechanischen Gleichrichters zu lösen. Nach einigem Herumtasten entschieden wir uns für ein Versuchsmodell gemäß Bild 3. Ein zweipoliges Segmentrad berührte nacheinander drei feststehende Kohlekontakte. Die beim Unterbrechen auftretenden kleinen Lichtbogen wurden durch einen Luftstrahl, der an der ablaufenden Kante aus dem umlaufenden Segment austrat, gelöscht. An diesem Versuchsgerät wurden einige für die spätere Entwicklung grundsätzlich wichtige Beobachtungen gemacht. 1. Trotz des verschwindend kleinen Lichtbogens (die Unterbrechung erfolgte annähernd im Stromnulldurchgang) zeigte sich schon nach wenigen Stunden ein so großer Kontaktabbrand, daß der Versuch abgebrochen werden mußte. 2. Hie und da traten zunächst unverständliche Überschläge auf. 3. Als zufällig einmal die Preßluftzufuhr aussetzte, arbeitete der Gleichrichter — man kann wirklich sagen wider Erwarten — vollkommen störungsfrei weiter, und zwar jetzt ohne Überschläge.

Es ist das Verdienst von Koppelmann, diese Erscheinungen richtig gedeutet zu haben. Er führte die Überschläge auf Spannungserhöhungen infolge vorzeitigen Abreißens des Lichtbogens zurück. Den störungsfreien Lauf ohne Beblasung erklärte er dahin, daß die Durchschlagspannung zwischen den sich trennenden Kontakten schneller ansteigt als die wiederkehrende Spannung. Wenn diese Aussage zutraf, dann mußte bei Parallelschaltung eines Kondensators zur Unterbrechungsstelle infolge des dadurch bedingten langsameren Anstiegs der wiederkehrenden Spannung $\mathrm{d}u_w/\mathrm{d}t$ der Gleichrichter mit höherer Spannung betrieben werden können; entsprechende Versuche bestätigten diese Schlußfolgerung.

Nun ist aber bekanntlich

$$\left(\frac{\mathrm{d}u_w}{\mathrm{d}t}\right)_{i=0} \approx \frac{1}{\sqrt{LC}}\,U.$$

Daraus folgt, daß man auch durch Vergrößern der Induktivität den Spannungsanstieg verringern kann; ein Versuch mit einer Luftdrossel erhärtete auch diese Voraussage. Damit war aber der Stein ins Rollen gekommen. Innerhalb weniger Tage

wurden nun von Koppelmann neben den rechnerischen Grundlagen die nachfolgenden Grundgedanken des Kontaktumformers angegeben: Die gesättigte Drossel mit hochwertigem Ringbandkern, die Ausnutzung der dadurch erzeugten stromschwachen Stufe zur lichtbogenfreien Unterbrechung, die Verbesserung der Stufenlage durch Vormagnetisierung, die Einführung des Parallelpfades, die Verwendung von metallischen, nach Art von Autoventilen angetriebenen Abhebekontakten und einige Zeit später die Einschaltdrossel zur Behebung der Materialwanderung beim Einschalten. Damit war auch die unter 1. festgestellte Erscheinung, daß selbst beim kleinsten Lichtbogen ein unzulässig großer Kontaktabbrand entsteht, endgültig beseitigt.

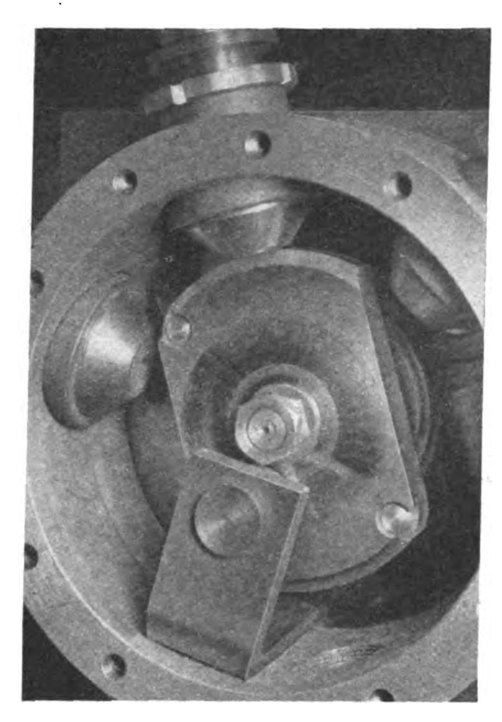


Bild 3. Dreiphasiger mechanischer Gleichrichter (erste Ausführungsform des Kontaktumformers); Druckgefäß geöffnet.

Solche Tage, wie wir sie im Herbst 1935 erlebten, sind eigentlich das schönste Geschenk, das einem Ingenieur zuteil werden kann; aber nach kurzer Zeit der Freude folgt immer und unausweichbar der schwere und mühevolle Weg bis zur technisch und wirtschaftlich brauchbaren Konstruktion, und diesen Weg kann heute niemand mehr allein gehen. Ich darf daher abschließend noch einige Mitarbeiter von Koppelmann aus der ersten Zeit der Entwicklung des Kontaktumformers anführen: Die konstruktive Entwicklung lag von allem Anfang an in den Händen von G. Letsch, der mit seltenem Geschick seine großen, im Verbrennungsmotorenbau gesammelten Erfahrungen auf den Kontaktumformer übertrug. Zur theoretischen Vertiefung der Vorgänge im Kontaktumformer und insbesondere auch in der Schaltdrossel haben M. Zühlke, E. Rolf und J. Wegener wertvolle Beiträge geliefert. An den experimentellen Untersuchungen waren neben M. Zühlke u. J. Wegener vor allem auch H. J. Mattern und später H. J. Kleinvogel beteiligt. Konstruktion und Ausführung der Versuchsmodelle lag in den Händen von R. Penk und P. Steffen. Von besonderer Bedeutung waren schließlich die in der Elektrochemischen Abteilung von S & H durchgeführten Arbeiten hinsichtlich der Verbesserung der Eisenkerne für die Schaltdrosseln. Hier hat sich vor allem P. Schuhmacher große Verdienste erworben. Inzwischen sind entsprechend der Bedeutung des Kontaktumformers noch zahlreiche weitere Ingenieure für die Entwicklung eingesetzt worden, deren Mitarbeit zu einer späteren Zeit gewürdigt werden soll.

Hartlöten und Schweißen an Stelle von Weichlöten in der Starkstromtechnik

DK 621.791.352/.736 : 621.3

Hartlöten und Schweißen bringt außer der Zinnersparnis in den meisten Fällen auch noch beträchtliche Vorteile durch Festigkeitssteigerung und Arbeitsvereinfachung[1]). Die neueren Verbindungsverfahren sind jedoch nicht anwendbar an Teilen, die der erforderlichen Schweißtemperatur wegen benachbarter Isolierstoffe oder dgl. nicht ausgesetzt werden dürfen.

Das Hartlöten von Kupfer geschieht wegen des hohen Schmelzpunktes des Lotes nicht mit dem Kolben, sondern mit der Flamme oder als elektrische Widerstandslötung; dabei sind Überhitzungen und Untertemperaturen zu vermeiden. Während früher als Hartlot meist Silber- und Messinglegierungen mit Boraxzusatz benutzt wurden, wird neuerdings vielfach Phosphorkupfer verwendet. Dieses hat gute Fließeigenschaften, behält aber eine gewisse Sprödigkeit, so daß die Verbindung schlagartigen Beanspruchungen nicht ausgesetzt werden darf; diese lassen sich im Elektromaschinenbau durch entsprechende konstruktive Maßnahmen vermeiden. Der Fließpunkt des Phosphorlotes liegt bei 790° C. Während die Erwärmung mit der Flamme wegen der längeren Einwirkung auch die Umgebung der Lötstelle erhitzt, wird beim elektrischen Widerstandslöten die Erwärmung in wenigen Sekunden auf die benötigte Hartlöttemperatur von etwa 750° C vollzogen; dazu wird niedrige Wechselspannung und hohe Stromstärke an die mit dem Flußmittel bestrichene Verbindungsstelle gelegt. Für die Durchführung der Widerstandslötung werden vielfach Stromzuführungszangen benutzt, die dem Verwendungszweck entsprechend durchgebildet sind.

Das Hartlöten der Wicklungen im Elektromaschinenbau bewährte sich so, daß außer kleinen und mittleren auch größere Ständerwicklungen mit erheblicher Zinnersparnis durch Hartlötung verbunden werden. Für die Wicklungslötungen wurden besondere Hartlötvorrichtungen gebaut, bei denen zur Herabsetzung der Verluste der Schweißtransformator möglichst nahe an das Lötgut herangebracht wird. Vor der Lötung werden die Schaltenden der Wicklung passend aufeinander gebogen und mit Hilfe der leicht ortsveränderlichen, beispielsweise an einem Drehständer aufgehängten Lötvorrichtung verbunden. Hartgelötete Wicklungen zeigten Zinnersparnis, verminderte Fertigungszeit und thermisch höhere Beanspruchbarkeit. Auch bei Läuferwicklungen wurde vielfach die Weichlötung durch die widerstandsfähigere Hartlötung ersetzt.

Wegen seiner schwierigen Handhabung wird das Schweißen von Kupferleitungen im Elektromaschinenbau nur wenig angewendet; zur Durchführung werden die gleichen Einrichtungen wie für die Widerstandserwärmung genommen. Kupferdrähte lassen sich vorteilhaft in Stumpfschweißmaschinen miteinander verbinden, wobei aber der entstehende Grat entfernt werden muß. Kupferbänder werden meist autogen verschweißt.

Das Hartlöten von Aluminiumleitern erfordert etwa 550° und muß rasch durchgeführt werden, um ein Verbrennen benachbarter Isolation zu vermeiden. Vor allem ist die sich bildende Oxydhaut mechanisch oder chemisch zu entfernen, was ziemlich schwierig ist. Deswegen wird oft die Schweißung bevorzugt. Zum Hartlöten von Aluminium werden meist Flußmittel verwendet; es gibt jedoch auch Hartlote ohne Flußmittel, die besonders zum Verbinden mehrdrähtiger Leiter vorteilhaft sind, da bei diesen die angreifenden Flußmittelreste schwieriger entfernbar sind.

Zum Verschweißen von Aluminiumkabeln wird wiederum die Zufuhr erheblicher Wärmemengen in kurzer Zeit erforderlich. Die Schweißzeit soll 1 bis 2 min nicht übersteigen. Zum Schutz benachbarter Isolation sind Kühlbacken empfehlenswert. Um mehrdrähtige Kabelleiter leichter verschweißen zu können, werden die verseilten Drähte zweckmäßig vor der eigentlichen Verschweißung mit Aluminiumzusatz und Flußmitteln durch einen Schweißbrenner zu einem festen Block vereinigt. Die elektrische Schweißung wird im Kabelbau wegen des Platzmangels für die erforderlichen großen Elektrodenflächen und infolge des Fehlens geeigneter Stromquellen an der Einbaustelle nur selten angewendet. Für die Verbindung kleinerer Querschnitte eignet sich das autogene Schweißverfahren, für größere Querschnitte hat sich die bekannte Gießschweißung bewährt, bei der zum Vergießen am Leiter entsprechende kleine Halbschalen aus Eisenblech als Gießformen befestigt, mit der Schöpfkelle vollgegossen und nach dem Erkalten wieder entfernt werden. Dieses Verfahren kann außer für waagerechte auch für senkrechte Leiter durchgeführt werden. *E. T.*

[1]) F. Otten, Metallwirtsch. 19 (1940) S. 735; 3½ S., 11 B.

RUNDSCHAU

Meßgeräte

DK 621.318.22 : 621.314.222.3

Magnetische Werkstoffe für Wandler, insbesondere Meßwandler. [Nach H. H. Meyer u. H. Fahlenbrach, Techn. Mitt. Krupp 7 (1939) H. 6, S. 123; 132 S., 24 B.]

In dem Bestreben, die bisher viel verwendeten hoch Ni-haltigen Werkstoffe möglichst weitgehend durch weniger devisenbelastete Materialien zu ersetzen, sind eine Reihe von silizierten Werkstoffen entwickelt worden, die zwar nicht ganz die hohen Permeabilitäten des Ni-legierten Materials erreichen, die aber trotzdem in sehr vielen Fällen die Fe-Ni-Legierungen verdrängen konnten. Man muß dabei zwei Gruppen unterscheiden, und zwar einmal Werkstoffe, die die in Bild 1 angegebenen

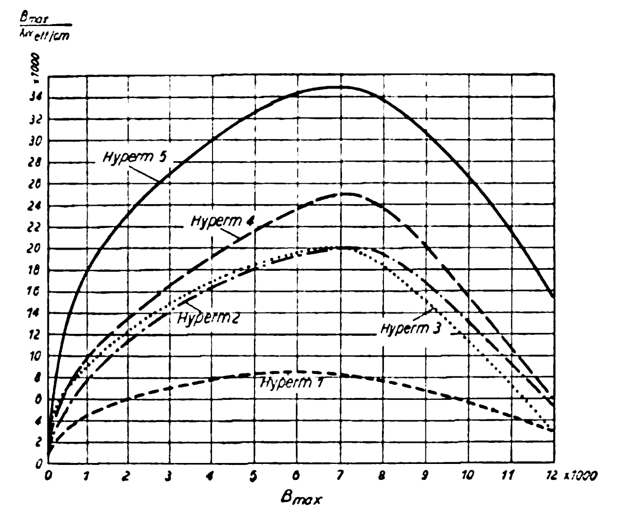


Bild 1. Beziehung zwischen Permeabilität und Induktion bei den silizierten Hypermen (Messung mit dem Ferrometer bei 50-periodigem Wechselstrom an Ringproben. Berechnung mit geometrischem Querschnitt).

Permeabilitäten nur in einer Richtung besitzen, und zweitens Werkstoffe, die in allen Richtungen eine praktisch gleich hohe Permeabilität besitzen. Zu der ersten Gruppe gehören die Werkstoffe Hyperm 1, 2, 4 und 5, die sich besonders gut zur Herstellung von aus Band gewickelten Ringkernen eignen; zur zweiten Gruppe der Werkstoff Hyperm 3, der hauptsächlich für Stanzteile Verwendung findet. Besonders die Werkstoffe Hyperm 4 und 5 haben auch oberhalb der Maximalpermeabilität noch sehr hohe Permeabilitätswerte, die sie besonders für Wandler, für die hohe Überstromziffern verlangt werden, geeignet machen. Die höchste Permeabilität bei kleinen Feldern besitzt der Werkstoff Hyperm 2, der außerdem auch eine geringe magnetische Nachwirkung besitzt. Die Entwicklung auf dem Gebiete der silizierten Werkstoffe ist aber durchaus noch nicht abgeschlossen. Es wird erwähnt, daß bereits Anfangspermeabilitäten ($B_{max}/A\,W_{eff}$/cm von 7000 erreicht worden sind[1]).

Außerdem werden die Eigenschaften der Ni-legierten Werkstoffe behandelt. Hierbei ist u. a. bemerkenswert, daß man z. B. für Wandler, bei denen eine konstante Permeabilität bei kleinen Feldern verlangt wird, heute mit einer 36% igen Fe-Ni-Legierung auskommt, während früher für den gleichen Zweck eine 50% ige Fe-Ni-Legierung Verwendung fand.

Unter den Werkstoffen für die Hochfrequenztechnik fällt der Werkstoff Hyperm 20 auf, dessen Permeabilität mit steigender Frequenz kaum abnimmt, der also eine sehr hohe Grenzfrequenz besitzt. Die bei sehr hohen Frequenzen hauptsächlich maßgebenden Wirbelstromverluste sind bei dieser Legierung infolge ihres hohen spezifischen Widerstandes von 1,3 Ω ebenfalls wesentlich geringer als bei allen andern bisher bekannten magnetisch weichen Werkstoffen. *Sb.*

[1]) Inzwischen werden ähnliche Werkstoffe mit etwa gleich hohen Anfangspermeabilitäten bereits fabrikatorisch hergestellt.

Geräte und Stromrichter

DK 621.314.65

Bau von Quecksilberdampf-Eisengleichrichtern in Rußland. [Nach W. K. Krapiwin, M. A. Astaschew, E. M. Gluch, Westnik Elektropromischlenosti 11 (1940) H. 1, S. 36; 5 S., 5 B.]

Seit Aufnahme der Fabrikation der Großgleichrichter 1928 sind bis Dezember 1939 1140 Stück hergestellt worden. Die Leistungsfähigkeit der wichtigsten Baugrößen ist in Tafel 1 und 2 zusammengestellt. Bei der ersten Reihe für Industrie-Anlagen (Tafel 1) entspricht die Überlastbarkeit etwa den VDE 0555, bei der 2. Reihe für Bahnspeisung (Tafel 2) werden an die Gefäße höhere Anforderungen gestellt, wie sie z. B. nach den JEC-Regeln für Klasse B und C angegeben sind. Bei den russischen Gleichrichtern werden diese Überlastungen aber betriebsmäßig zugelassen, und zwar dreimal täglich mit einem zeitlichen Mindestabstand von 3 h im Anschluß an Dauerlast. Alle Baugrößen werden auch mit Steuergittern ausgeführt. Dabei wird die Dauerlast je nach dem Grad der Gitteraussteuerung herabgesetzt. Besonders bei höheren Gleichspannungen bemißt man die zulässige Dauerlast recht vorsichtig (Tafel 3). Seit 1939 ist man zu einer neuen Gefäßbauform übergegangen, nämlich zu einem zylindrischen Gefäß ohne Anodenarme, wie es für wassergekühlte Gleichrichter in Deutschland bereits üblich ist. Dabei sind die Gefäße kleiner geworden, die Anoden dagegen größer. Die nützliche Gesamtfläche aller Anoden beträgt rd. 35% der Gefäßgrundfläche. Ein 3000 A-Gleichrichter ist jetzt so groß wie die frühere 2000 A-Einheit. Das Gefäß wird innen nicht mit dem Sandstrahl, sondern mit Stahlschrott und Metallbürsten gereinigt. Alle Nähte werden auf der Vakuumseite nach dem Arcatom-Verfahren geschweißt. Der Deckel ist abnehmbar, als Dichtung dient Gummi mit Stahlschutzring. Zur Innenkühlung wird eine Kühlschlange verwendet, die an den Boden des Gefäßes angeschlossen ist. An der Anode sind die Stromdichten niedriger gehalten als früher. Mit der neuen Konstruktion werden größere Betriebssicherheit und Wirtschaftlichkeit erwartet. Das Gewicht ist beträchtlich herabgesetzt worden, z. B. für die 5000 A-Baugröße von 6,7 auf 4,6 t ohne Wasserfüllung; die Wasserfüllung ist von 2,15 t auf 0,7 t zurückgegangen.

Tafel 1.

Baugröße	Nennstrom bei Gleichspannungen bis			Überlastungen
	460	600	825 V	
RW 5	600	500	—	25%/15 min
„ 10	1100	1000	900	50%/ 2 min
„ 20	2000	2000	1750	100%/10 s
„ 30	3000	3000	2900	wird bei Prüfung
„ 50	5000	5000	5000	festgelegt

Tafel 2.

Baugröße	Nennstrom bei Gleichspannungen		Überlastungen	
	1650	3300		
RW 10	400	—	50%/2 h	100%/1 min
„ 20	750	500	50%/2 h	200%/5 „
„ 30	1125	750	50%/2 h	200%/5 „
„ 50	2000	—	50%/2 h	100%/1 „

Tafel 3.

Gleichspannung	Dauerstrom in Prozent des Nennstromes bei Gitterregelung der Gleichspannung abwärts bis			
	95	90	80	0%
bis 300 V	100	100	100	75
über 300 V	100	85	75	65%

Für die Hilfsgeräte der kleineren Bauarten sind einheitliche Schränke entwickelt worden. Die Gittersteuerung wird mit sinusförmiger und Stoßspannung (durch magnetische Sättigung) ausgeführt. Das Gitterschnellschaltrelais zum Anschluß an Wandler der Primärseite hat eine Arbeitszeit von 5 ms.



Geräte zur Automatisierung von Vakuumhaltung, Vakuummessung, Kühlung usw. sind in Vorbereitung.

Das Kühlwasser soll nicht mehr als 14° deutsche Härte, nicht weniger als 2000 Ω/cm^3 und möglichst wenig feste Beimengungen haben. Als Zulauftemperatur wird 10 bis 15° C, bei den großen Bauarten 15 bis 25° C verlangt. Die Hochvakuumpumpe soll mit höchstens 25° C gekühlt werden. Der Wasserverbrauch bei einer Erwärmung um 15° C wird für die einzelnen Baugrößen angegeben zu

500	1000	2000	3000	5000 A bei 600 V
0,6	1,2	2,4	4,8	8 m^3/h.

Dies läßt auf Lichtbogenabfälle von 21 bis 28 V schließen. Es wird indirekte Wasserkühlung empfohlen, um das Gefäß selbst vor Verunreinigungen und Anfressungen zu schützen. Für die Umlaufwasserpumpe wird ein Reservesatz bereitgehalten. Hochvakuumpumpe und Absaugrohr arbeiten normal direkt mit Frischwasser. Eine Gleichrichtergruppe mit zwei Gefäßen erhält einen gemeinsamen Kühler. Bei Regelung der Kühlung wird die Frischwassermenge verändert. Wenn einwandfreies Frischwasser zur Verfügung steht, wird besonders bei kleinen Einheiten auch direkte Kühlung zugelassen, dann empfiehlt man aber einen Druckbehälter im Zulauf.

Bereits 0,01 mg Hg-Dampf in 1 m^3 Luft wirkt gesundheitsschädlich, daher wird jetzt zwischen Vorvakuumbehälter und Vorpumpe ein Filter eingebaut. Vor allem ist aber der Gleichrichterraum zu belüften. Man läßt die Luft oben zutreten und saugt sie dicht über dem Boden wieder ab.

Weiter wird ein Überblick über laufende Forschungsarbeiten für das Jahr 1940 gegeben. Grundlegende Arbeiten beschäftigen sich mit dem Vakuummaterial, den Dampfdruckverhältnissen bei den neuen Bauformen, der Prüfung der Gefäße und der Gittersteuerung. Die damit geschaffenen Geräte sollen schon Mitte 1940 die Verwendung des Stromrichters für Bahnstrom-Rückgewinnung und für den Antrieb von Hebezeugen und Walzwerken ermöglichen. *Dr. Az.*

Theoretische Elektrotechnik

DK 621.3.011.4 : 621.3.011.2

Ueber kapazitive Leitfähigkeit. [Nach M. Päsler, Arch. Elektrotechn. 34 (1940) H. 10, S. 598; 5 S.]

Als quantitativen Ausdruck für den Blindwiderstand eines Kondensators wird die Formel

$$R_c = -\frac{j}{\omega C} \qquad (1)$$

angesehen, die jedoch nur dann Gültigkeit besitzt, wenn die Kapazität C des Kondensators konstant ist und die an ihn gelegte Wechselspannung einen sinusförmigen Verlauf hat. Formel (1) stellt demnach keinen allgemein gültigen Ausdruck für den Blindwiderstand eines Kondensators dar. Es gelingt jedoch, einen solchen zu finden, wenn man die Gültigkeit des ohmschen Gesetzes auf einen stromdurchflossenen Kondensator voraussetzt. Dies möge nachstehend gezeigt werden.

Legt man eine sich beliebig ändernde Spannung $U(t)$ an einen Kondensator mit der Kapazität C, so wird dieser mit einer Ladung

$$Q(t) = C\,U \qquad (2)$$

aufgeladen. Der über den Kondensator fließende Strom $I(t)$ ergibt sich aus Gl. (2) durch Differentiation nach der Zeit, wobei — zur Wahrung größerer Allgemeinheit — die Kapazität als zeitlich veränderlich angenommen werden soll, was ja keine physikalische Unmöglichkeit bedeutet. Man erhält also für den Strom

$$I(t) = \frac{dQ}{dt} = C\frac{dU}{dt} + U\frac{dC}{dt}. \qquad (3)$$

Setzt man nun voraus, daß zwischen der an den Kondensator gelegten Spannung und dem über ihn fließenden Strom die gleiche Beziehung besteht, wie sie das ohmsche Gesetz ausdrückt, d. h. also, daß durch den Quotienten

$$R_s = \frac{U}{I} \qquad (4)$$

der Widerstand des stromdurchflossenen Systems bestimmt ist, so wird — sofern der Kondensator direkt an die Spannungsquelle angeschlossen ist — durch die Gleichung

$$R_c = \frac{U}{I} \qquad (5)$$

ein ausschließlich durch den Kondensator bedingter Widerstand definiert, für welchen man wegen Gl. (3) den Ausdruck

$$R_c = \frac{U}{C\frac{dU}{dt} + U\frac{dC}{dt}} \qquad (6)$$

erhält. Dieser nimmt eine sehr einfache Form an, wenn man seinen reziproken Wert

$$G_c = \frac{C}{U}\cdot\frac{dU}{dt} + \frac{dC}{dt} = C\frac{d\ln U}{dt} + \frac{dC}{dt} \qquad (7)$$

betrachtet, der eine Leitfähigkeit darstellt und daher „kapazitive Leitfähigkeit" genannt werden möge. Jeder Kondensator verhält sich demnach gegenüber einer an ihn gelegten elektrischen Spannung wie ein Leiter mit einem gewissen Leitvermögen, das nach Gl. (7) von der Kapazität des Kondensators, der an ihn gelegten Spannung und im allgemeinsten Fall von der zeitlichen Änderung beider Größen abhängt. Die kapazitive Leitfähigkeit ist also im allgemeinen zeitlich variabel.

Nach Formel (7) ist unter sonst gleichen Umständen die Leitfähigkeit zeitlich konstanter und variabler Kondensatoren verschieden. Für erstere ergibt sich der einfache, jedoch allgemeine Ausdruck

$$G_c = C\frac{d\ln U}{dt} \qquad (8)$$

welcher aussagt, daß das Leitvermögen eines Kondensators mit zeitlich konstanter Kapazität von dieser, der angelegten Spannung und deren Änderung abhängt[1]).

Für die Leitfähigkeit von Kondensatoren mit zeitlich veränderlicher Kapazität gilt allgemein Gl. (7). Charakteristisch ist hier das Auftreten des Ausdruckes

$$\frac{dC}{dt} \neq 0, \qquad (9)$$

der aussagt, daß jede Kapazitätsänderung einen Beitrag zum Leitvermögen des Kondensators liefert. Am auffälligsten tritt dies zutage, wenn der erste Term der rechten Seite von Gl. (7) gleich Null ist. Dies tritt beim Anlegen einer Gleichspannung ein. In diesem Fall ist für zeitlich konstante Kapazitäten $G_c = 0$. Ändert sich nun C, so wird $G_c \neq 0$, es muß nun also — solange $\frac{dC}{dt} \neq 0$ — auch beim Anlegen einer Gleichspannung ein Strom über den Kondensator fließen, was experimentell leicht nachzuweisen ist.

Eingangs wurde die Aufgabe gestellt, einen allgemeinen Ausdruck für die Kondensanz zu finden, als deren Lösung Gl. (6) gefunden wurde. Man kann nun die Problemstellung umkehren: die Leitfähigkeit wird vorgegeben und nach der an eine bekannte Kapazität C zu legende Spannung gefragt, die dieses vorgegebene Leitvermögen „zur Folge" hat. Sei dessen Verlauf durch $\varphi(t)$ gegeben, so ergibt sich die gesuchte Spannung durch Auflösung von Gl. (7) nach U.

Man erhält die Differentialgleichung

$$\frac{d\ln U}{dt} = \frac{\varphi}{C} - \frac{d\ln C}{dt}, \qquad (10)$$

deren Integration

$$U\,C = k\,\exp\int\frac{\varphi}{C}\,dt \qquad (11)$$

ergibt, woraus man für U nach einiger Umformung

$$U = k\,\exp\int\frac{\varphi - C'}{C}\,dt \qquad \left(C' = \frac{dC}{dt}\right) \qquad (12)$$

erhält. Eine Dimensionsbetrachtung zeigt, daß k eine Spannung ist, die mit U_0 bezeichnet werden möge. Somit erhält man als endgültiges Ergebnis

$$U = U_0 e^{\int\frac{\varphi - C'}{C}dt}. \qquad (13)$$

Als Sonderfall ergibt sich hieraus für konstante Kapazitäten

$$U = U_0 e^{\int\frac{\varphi}{C}dt}. \qquad (14)$$

Wegen weiterer Einzelheiten und Anwendungen dieses Ergebnisses muß auf die Originalarbeit verwiesen werden.

[1]) Beispiele und Anwendungen von Gl. (8) s. Originalarbeit.

VERSCHIEDENES

BEKANNTMACHUNGEN

Bezirk Berlin

vormals Elektrotechnischer Verein

(Gegründet 1879)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 IV, VDE-Haus
Fernsprecher: 34 88 85

Arbeitsgemeinschaften (Technischer Nachwuchs)

Die Teilnahme ist frei. VDE-Mitgliedschaft ist nicht Bedingung.

Allgemeine Elektrotechnik. Leiter: Dr.-Ing. V. Aigner VDE.
6. Januar 1941, 18⁰⁰, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. „Die Verbindung von Fernbedienungseinrichtungen mit Starkstromnetzen". Vortragender: Dipl.-Ing. W. Kraft.

Fernmeldetechnik. Leiter Oberingenieur Dipl.-Ing. K. Wagner VDE.
7. Januar 1941, 18⁰⁰, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. Vortragsreihe: Fernsprechtechnik. II. Teil: Bauteile. „Die Endgeräte der Fernsprechverbindungen". Vortragender: Dipl.-Ing. A. Überschuß.

Meßtechnik. Leiter: Dr.-Ing. H. F. Grave VDE.
8. Januar 1941, 18⁰⁰, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. Vortragsreihe: Meßwandler. „Prüfung von Meßwandlern". Vortragender: Dr.-Ing. habil. W. Hohle VDE.

Elektromaschinenbau. Leiter: Ingenieur K. Bätz VDE.
9. Januar 1941, 18⁰⁰, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. Vortragsreihe: Sonderfragen des Elektromaschinenbaues. „Äußere Formgebung elektrischer Maschinen". Vortragender: Architekt W. Pruss.

Elektrizitätswerke. Leiter: Dipl.-Ing. H. Beling VDE.
10. Januar 1941, 18⁰⁰, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. Vortragsreihe: Dampfkraftwerke. „Höchstdruckturbinen". Vortragender: Oberingenieur Dipl.-Ing. W. Guilhauman VDE.

VDE Bezirk Berlin
vormals Elektrotechnischer Verein
Der Geschäftsführer
Burghoff

Sitzungskalender

VDE Bezirk Saarpfalz, Stützpunkt Kaiserslautern. 9. 1. 41 (Do), 19^{30}, Landesgewerbeanstalt: „Neuzeitliche Installationssysteme und Verteilungsanlagen". Ing. Siffermann.

PERSÖNLICHES

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten)

C. Both. — Vor 40 Jahren trat Herr Oberingenieur Carl Both VDE, Berlin, in den Elektrotechnischen Verein, den heutigen VDE Bezirk Berlin, ein. Nach seinem Studium in Budapest und Charlottenburg war er bei der UEG, beim Überlandwerk Berggeist, Oskar von Miller, Lahmeyer, AEG und BBC tätig. Seit 1930 betätigt sich Both als beratender Ingenieur auf energiewirtschaftlichem[1]) Gebiet.

A. Petri. — Mit Ende des Jahres 1940 trat Herr Dipl. Ing. August Petri als Direktor und Vorstandsmitglied des MEW in den Ruhestand, um in München seinen Lebensabend zu verbringen. Bei Lemgo in Lippe-Detmold 1873 geboren, studierte er an den Technischen Hochschulen München und Hannover, um dann in die Dienste der Firma Siemens in Osnabrück, Stettin und Rostock zu treten. Seiner Neigung für die Elektrizitätswirtschaft folgend ging er anschließend nach Schlesien zur Leitung eines Überlandwerkes. Als die Provinz Pommern nach einem geeigneten Mann suchte, um dieses Gebiet elektrizitätswirtschaftlich auszubauen, fiel die Wahl auf Petri und so übernahm er 1910 die Leitung der Überlandzentrale Belgard, um diese zu einem mustergültigen Unternehmen auszubauen. Allen Widerständen zum Trotz hat er mit Tatkraft und Fleiß der Stromversorgung in dem mehr als einer Hinsicht schwierigen Pommern die Wege geebnet. Seine von Anfang an betriebene Tarifpolitik findet in ihren Grundlinien heute allgemeine Anerkennung und Anwendung. Im Jahre 1934 erfolgte der Zusammenschluß mit dem Märkischen Elektrizitätswerk, wo er mit Warrelmann und Zschintsch den ersten Vorstand einer Gesellschaft bildete, die räumlich das größte Elektrizitätsversorgungsunternehmen darstellt.

[1]) ETZ 46 (1925) S. 559.

Hochschulnachrichten. — Herrn Dr.-Ing. Erwin Kübler VDE in Berlin ist unter Ernennung zum ordentlichen Professor in der Fakultät für Maschinenwesen der Technischen Hochschule Breslau der Lehrstuhl für Elektromaschinenbau, Stromrichtertechnik und Elektrische Antriebe übertragen worden.

BUCHBESPRECHUNGEN

DK 621.3

Einführung in die Elektrizitätslehre. Von Prof. Dr. R. W. Pohl. 5. verbess. Aufl. Mit 497 B., VIII u. 272 S. im Format B 5. Verlag von Julius Springer, Berlin 1940. Preis geb. 13,80 RM.

Daß von dieser Einführung in die Elektrizitätslehre schon nach wenigen Jahren eine neue Auflage vorliegt, zeugt für die Brauchbarkeit und Beliebtheit des Buches in der Hand des Studenten. Aber auch der Elektrotechniker sollte häufig zu diesem Buche greifen, weil er hier in einer überaus anschaulichen Weise den physikalischen Grundgehalt der Elektrizitätslehre in äußerst knapper, aber prägnanter und auch einprägsamer Form findet, der in der Elektrotechnik manchmal vor lauter Technik des Tages in den Hintergrund rückt. Dabei sind die Grundlagen nicht allein zur Beherrschung der derzeitigen Technik, sondern vor allem auch für die zukünftige das Wichtigste. Der Praktiker wird dem Aufbau der Lehre von der Elektrizität mit um so größerer Befriedigung folgen, als Pohl im 1. Abschnitt Meßinstrumente für Strom und Spannung mit den internationalen Einheiten Ampere und Volt einführt. Mit den weiteren internationalen Grundeinheiten Meter, kg-Masse und Sekunde benennt er die Kraft mit Großdyn gleich 0,102 kg-Kraft und die Leistung mit Großdynmeter gleich Voltamperesekunde. Bemerkenswert in allen Abschnitten ist die Herausarbeitung der einfachsten und übersichtlichsten Form des Versuches, wobei häufig auf eine der ersten Formen des Entdeckers der Naturgesetze zurückgegriffen wird. Weitere Abschnitte behandeln das elektrische Feld, die Kräfte und Energien und die Materie in ihm. Der Aufbau für das magnetische Feld ist der gleiche. Nach der Verknüpfung beider folgen als Anwendungen der Induktion: die Generatoren und Elektromotoren. Die Trägheit des Magnetfeldes führt zu elektrischen Schwingungen. Der Abschnitt über den Mechanismus der Leitungsströme zeigt die atomare Struktur der Elektrizitätsträger auf und führt bis an die Grenze des Standes der Forschung. Unter der Betrachtung der elektrischen Felder in der Grenzschicht zweier Substanzen werden eine Fülle bemerkenswerter Beobachtungen in eleganter Weise zusammengefaßt. Die Abschnitte über die Radioaktivität, elektrische Wellen und das Relativitätsprinzip als Erfahrungstatsache geben einen guten Überblick. Interessant ist hierbei der Hinweis, daß durch den Froschschenkelversuch Galvanis aus dem Jahre 1791 die Übertragung mechanischer Zeichen mit Hilfe elektrischer Wellen, also eine elektrische Telegraphie in ihrer drahtlosen Form hätte einsetzen können, daß jedoch die historische Entwicklung über Volta, Örsted, Faraday und Ohm zu den Grundgrößen: elektrische Spannung und elektrischer Strom führte und erst 100 Jahre später die elektrischen Wellen erforscht wurden. Diese Beispiele sollen zeigen, daß man es hier mit einer eigenartigen und anziehenden Darstellung zu tun hat, in die sich auch im Berufsleben stehende Elektrotechniker mit Gewinn vertiefen sollten. E. Lübcke

DK 621.315.052.3

Stabilität elektrischer Drehstrom-Kraftübertragungen. Von A. Timascheff. Mit 290 B., VII u. 222 S. im Format 170×250 mm. Verlag Julius Springer Berlin 1940. Preis geh. 27 RM, geb. 28,80 RM.

Mit dem Vierjahresplan und der Gestaltung Deutschlands zum Großdeutschen Reich hat die Entwicklung der elektrischen Kraftübertragung Ausmaße angenommen, die vor dem kaum geahnt werden konnten. Für Planung und Betrieb großer Anlagen im Verbundbetrieb ist die Kenntnis der Stabilitätsbedingungen der Übertragungsanlagen zusammen mit den Synchronstromerzeugern daher heute eine unbedingte Notwendigkeit. Im deutschen und ausländischen Schrifttum sind



die einschlägigen Fragen schon seit vielen Jahren Gegenstand besonderer wissenschaftlicher Untersuchungen gewesen. Das zeigt das dem Buch angeheftete Schrifttumverzeichnis, das 8 Seiten umfaßt.

Der Verfasser hat sich die Aufgabe gestellt, aus diesem Schrifttum eine zusammenfassende Darstellung über das Verhalten der Synchronmaschinen beim Parallelbetrieb zu bearbeiten. Diese Aufgabe ist in einer für die praktische Anwendung geeigneten Form in hervorragender Weise gelöst worden. Nach den in der Einleitung gegebenen Differentialgleichungen für die strenge Lösung der Probleme bauen sich die mathematischen Untersuchungen auf einem angenäherten Rechenverfahren auf, das leicht übersehen und verfolgt werden kann. Hierin liegt ein wesentlicher Vorteil des Buches. Dabei werden die einzelnen an sich teilweise schwierig zu verfolgenden Vorgänge auf Grenzwerte zurückgeführt, die das Verhalten der Maschinen und Netze praktisch genügend bestimmen. Für den Praktiker ist es ausreichend, die Überprüfung der Stabilitätsverhältnisse für solche Fälle vorzunehmen, die das wahrscheinliche Verhalten in den meisten Betriebsfällen kennzeichnet (S. 9).

Der Inhalt gliedert sich in 7 Hauptteile und zwar: Eigenschaften und Konstanten der Synchronmaschinen, Netzschaltungen und Transfigurationen, Verhalten von Synchronmaschinen im stationären Betrieb, periodische Schwingungen von Synchronmaschinen, Verhalten von Synchronmaschinen bei plötzlichen Zustandsänderungen, Verhalten von Synchronmaschinen bei asynchronem Durcheinanderlaufen. Der Stoff dieser Hauptteile ist in klarer Herausstellung der jedesmaligen Grundvorgänge behandelt und mit zahlreichen Beispielen belegt, die den praktischen Verhältnissen entnommen sind. Der Wert des Buches wird dadurch besonders für den Entwurfsingenieur wesentlich erhöht.

Die Stoffbehandlung verlangt ernstes Studium, bietet dann aber auch schöne Erkenntniserfolge. Sie ist flüssig und durch klare Bilddarstellung unterstützt. Die buchtechnische Ausführung ist die beim Verlag Julius Springer bekannte sorgfältige.

Das Buch kann dem Entwurfs- und Betriebsingenieur auf das wärmste empfohlen werden und sollte in der Bücherei größerer Werke nicht fehlen. H. Kyser VDE

DK 621.385.833

Elektronen-Übermikroskopie. Physik, Technik, Ergebnisse. Von M. v. Ardenne. Mit 1 Titelbild, 1 photogr. Tafel, 404 B., XVI u. 303 S. im Format 170 × 250 mm. Verlag von Julius Springer 1940. Preis geh. 54 RM, geb. 57,60 RM.

Selten hat ein Instrument den Weg von der ersten behelfsmäßigen Laboratoriumsanordnung zum durchentwickelten technischen Instrument in so kurzer Zeit zurückgelegt wie das Elektronenmikroskop. Nunmehr liegt auch die erste buchmäßige Darstellung der Arbeitsmethoden, des Instruments selbst und der wichtigsten Ergebnisse, die mit diesem neuen wichtigen Hilfsmittel gewonnen sind, von einem der besten Fachleute dieses Gebietes vor. Sie stammt von einem Fachmann, der selbst an der technischen Entwicklung des modernen betriebssicheren Elektronenmikroskops hoher Auflösung in hervorragender Weise beteiligt ist. Das Buch ist um so mehr zu begrüßen, als vielen wissenschaftlichen Arbeitern auf den zahlreichen Gebieten, auf denen entscheidende Fortschritte durch die Elektronenmikroskopie hohen Auflösungsvermögens möglich sind, wohl zweifellos selbst noch nicht die Bedeutung dieses neuen mächtigen Hilfsmittels der Forschung zum Bewußtsein gekommen ist. Die Darstellung ist einfach und auch für den naturwissenschaftlich gebildeten Laien durchaus lesbar. Der Inhalt gliedert sich wie folgt: Allgemeine Grundlagen, worin die Grundgesetze der Elektronenoptik, elektrostatische und magnetische Sammellinsen, die Kathode und der Bildauffänger behandelt sind, die theoretischen Grundlagen des Elektronenmikroskops, worin in vollkommener Analogie zum Lichtmikroskop die Theorie der elektronenmikroskopischen Abbildung gegeben ist und insbesondere die wichtige Frage der Grenzen der Elektronenmikroskopie durch die verschiedenen Bildfehler sowie die Grenzen des Auflösungsvermögens erschöpfend behandelt sind. Die folgenden Kapitel behandeln die theoretischen Grundlagen der Elektronensonden-Mikroskope, die Wechselwirkung von Elektronenstrahlung und Objekt, die für die Dimensionierung von Elektronenmikroskopen wichtigen Größen, seine Bauelemente und Hilfseinrichtungen, die zugehörige Vakuumtechnik und Hochspannungsanlagen und die Beschreibung der praktischen Ausführungsformen des Elektronenübermikroskops, wobei naturgemäß auch die Bauart des Verfassers und die zur Sicherung von Erschütterungsfreiheit und zur magnetischen Störfreiheit getroffenen Maßnahmen beschrieben werden. Besondere Beachtung verdient auch die vom Verfasser entwickelte Anordnung zu Stereoaufnahmen sowie die wichtigsten Konstruktionsangaben seines im Bau befindlichen 300 kV-Übermikroskops. Ein weiteres Kapitel ist der wichtigen Frage der Objektpräparierungstechnik gewidmet, die infolge der Neuheit der gestellten Aufgaben ebenfalls vollkommen neu entwickelt werden mußte. Die beiden letzten Kapitel sind der erwähnten Stereo-Übermikroskopie und schließlich den mit Hilfe der neuen Instrumente gewonnenen Ergebnissen gewidmet, über die eine Fülle von ausgezeichneten Aufnahmen eingehend Aufschluß geben. Die Aufnahmen der Feinstruktur von Rauch, die direkte stereoskopische Sichtbarmachung des Belichtungsvorganges an Bromsilberkörnern, eine Anzahl von Aufnahmen biologischer Objekte vermitteln die eindrucksvollsten Einblicke in die Mikrostruktur der Materie, die wohl überhaupt bisher im Schrifttum zugänglich waren, Eindrücke von einer „wissenschaftlichen Schönheit", wie sie wohl sonst nur von modernen Nebelaufnahmen der großen amerikanischen Sternwarten einem „schönen" Zeeman- oder Starkeffekt oder einer schönen Hyperfeinstrukturaufnahme erreicht werden. Den Hauptreiz des Buches bildet wohl die Tatsache, daß wir zum ersten Male wirklich in konkreter Weise an die durch die Ungenauigkeitsrelation gegebene Erkenntnisgrenze eines unserer Sinnesorgane dicht herangeführt werden und dadurch eine wirklich konkrete Vorstellung des Begriffes der Bohrschen Komplementarität erhalten. Der Verlag hat durch eine vorbildliche Wiedergabe der Aufnahmen und die trotz der Kriegszeit hervorragende Ausstattung einen wesentlichen Anteil an dem Gelingen des Buches, das eine weite Verbreitung unter den Fachleuten aller jener Gebiete verdient, für die sich durch die Anwendung der neuen Verfahren zum Teil ganz neue Ausblicke eröffnen. F. G. Houtermans

DK 512.83

Determinanten. Von H. Dörrie. 216 S. im Format 176 × 250 mm. Verlag R. Oldenbourg, München u. Berlin 1940. Preis geb. 11 RM.

Das vorliegende Buch, ist eine recht lesenswerte Einführung in die Lehre von den Determinanten; der erste, theoretische Teil des Buches ist in mäßigen Grenzen gehalten, bringt aber alle wichtigen Sätze der Determinantentheorie. Der zweite Teil, der den ersten an Umfang etwas übertrifft, gibt zahlreiche Anwendungen auf Algebra und Analysis sowie auf die analytische Geometrie. Beziehungen zur Physik fehlen allerdings völlig; auch der Zusammenhang der Matrizen mit den Tensoren wird nicht erwähnt.

Die sprachliche Darstellung ist im allgemeinen kurz, klar und leicht verständlich, so daß das Buch für Anfänger, die sich mit Determinanten etwas eingehender beschäftigen wollen, sehr zu empfehlen ist. Es mag bemerkt werden, daß Wortbildungen wie Euleridentität, Kroneckersymbol, Mongekreis, Newtonsummen usw. nicht gerade zu den Vorbildern unserer Muttersprache zu rechnen sind, worüber man in Wustmanns bekanntem Buch unter der Überschrift „Goethemutter" nachlesen mag. R. Rothe VDE

EINGÄNGE

[Ausführliche Besprechungen vorbehalten]

Bücher

Praktische Anleitung für die Ausführung von Aluminium-Hart- und Weichlötungen. Von H. Kauffmann. Mit 17 B. u. 48 S. im Format 105 × 148 mm. Verlag Fritz Klett, Berlin 1940. Preis kart. 1 RM.

[Der Verfasser hat als Leiter von DAF-Lehrgängen in diesem Büchlein eine allgemeine Übersicht gegeben über die besonderen Eigenschaften des Aluminiums und die hauptsächlichsten Weich- und Hartlötverfahren, wie sie für Lötarbeiten an Aluminiumleitern im Elektrohandwerk verwandt werden. Der Elektrohandwerker soll damit unterstützt werden, sich die notwendige handwerkliche Geschicklichkeit anzueignen.]

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Bereichsleiter H. Führer, München, Erhardtstr. 3
Dr.-Ing. F. Kesselring VDE, Berlin-Frohnau, An der Buche 23
Dr.-Ing. F. Koppelmann, Berlin-Siemensstadt, Schuckertdamm 320
Dipl.-Ing. G. Roessiger, Bitterfeld, Ignaz-Stroof-Str. 1a

Abschluß des Heftes: 27. Dezember 1940

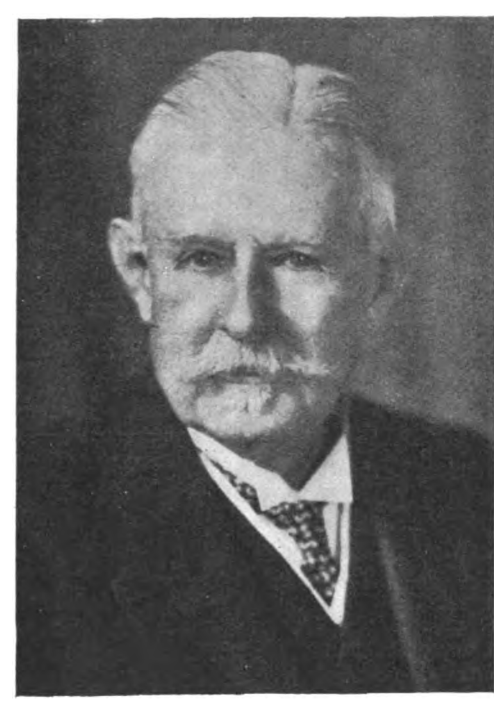
Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE (z. Z. im Felde)
G. H. Winkler VDE (z. Z. im Felde)
H. Hasse VDE und R. Henrichs VDE
Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.



Elektrotechnische Zeitschrift
(Zentralblatt für Elektrotechnik)
Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894
Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.
Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9
62. Jahrgang Berlin, 9. Januar 1941 Heft 2

Reinhold von Sydow

Der Ehrenpräsident des vormaligen Elektrotechnischen Vereins, jetzigen Bezirks Berlin des Verbandes Deutscher Elektrotechniker, Staatsminister i. R. Dr. jur. Reinhold von Sydow, begeht am 14. Januar 1941, ungebeugt von der Last des Alters, die seltene Feier des 90. Geburtstages. Sein Lebensgang ist durch hohe berufliche Erfolge ausgezeichnet. Diese erntete er erstmalig während seiner Tätigkeit im damaligen Reichspostamt in der Zeit von 1883 bis 1908. Als er die Leitung der damals einzigen Telegraphenabteilung dieser Zentralbehörde übernahm, drang er, obwohl Jurist — dank seiner Geistesschärfe und Gründlichkeit —, in die Technik des vielseitigen Telegraphen- und Fernsprechbetriebs so rasch und tief ein, daß er die zahlreichen schöpferischen Aufgaben, die ihm damals bei der stürmischen Entwicklung auf diesen Gebieten erwuchsen, in genialer Weise zu lösen vermochte. Gewissermaßen vom Kommandostande des Betriebsdienstes im weiteren Sinne befruchtete und förderte er, namentlich als Unterstaatssekretär, eine große Anzahl tiefgreifender Maßnahmen. Auf den gerade beim Fernmeldewesen im Vordergrunde stehenden internationalen Gebieten hat von Sydow Hervorragendes geleistet. Auf der Internationalen Telegraphenkonferenz in London im Jahre 1903 führte er die deutsche Delegation und leitete als Vorsitzender die wichtige Tarifkommission. Auf seine Anregung fand im gleichen Jahre auf Vorschlag der deutschen Regierung eine wichtige Vorkonferenz zur Regelung des Funkverkehrs in Berlin statt, die die englischen Bestrebungen zur Einführung eines Monopols durch die Marconigesellschaft vereitelte. Diese Vorbesprechung bildete die Grundlage für die erste Weltfunkkonferenz (3. Oktober 1906) in Berlin; sie wurde von Exzellenz von Sydow mit bestem Erfolge geleitet und führte zum Abschluß des ersten Weltfunkvertrags vom 3. November 1906, der den wichtigen internationalen Seefunkdienst regelte. So sehen wir, wie der Jubilar der vorwärtsdrängenden Entwicklung des inländischen und besonders auch des weltumspannenden internationalen Verkehrs durch weitausschauende organisatorische Maßnahmen die Tore weit öffnete und gleichzeitig dem Ansehen Deutschlands hohe Geltung verschaffte. Diese erfolgreiche Tätigkeit fand ihre verdiente Anerkennung. Nach vorübergehender Tätigkeit als Staatssekretär des Reichsschatzamtes wurde ihm unter Ernennung zum Preußischen Staatsminister die Leitung des Preußischen Ministeriums für Handel und Gewerbe übertragen. Diese Stellung bekleidete er mit hohem Erfolge neun Jahre lang bis Oktober 1918. Seine Verdienste wurden gewürdigt durch Verleihung des Preußischen Ordens vom Schwarzen Adler, womit der erbliche Adelsstand verknüpft war.



Reinhold von Sydow

Zum Elektrotechnischen Verein trat Exzellenz von Sydow im Jahre 1905 in engste Beziehung: Er wurde einstimmig zum Vorsitzenden des Vereins gewählt. Dieses Amt bekleidete er trotz seiner aufopfernden beruflichen Tätigkeit mit Hingabe und hohem Pflichtbewußtsein. Seine gewinnende Persönlichkeit, seine Sachkenntnis, vereint mit der hohen Achtung, die er allseitig genoß, hielt den Verein auf hoher Warte. Dieser stattete ihm seinen Dank dadurch ab, daß er ihn bei der satzungsmäßigen Niederlegung des Vorsitzes einstimmig zum Ehrenpräsidenten wählte. Diese Ehrung hat dem Jubilar hohe Freude bereitet: Es war ihm dadurch vergönnt, mit der von ihm geliebten Elektrotechnik auch weiterhin in enger Berührung zu bleiben, ihre Fortschritte mit stetem Interesse zu verfolgen sowie den persönlichen Verkehr mit den führenden Persönlichkeiten der Elektroindustrie aufrechtzuerhalten. Als Ehrenvorsitzender hat er dem Verein stets sein lebhaftes Interesse bewahrt, ihn mit Rat und Tat unterstützt, die wissenschaftlichen Versammlungen und geselligen Vereinigungen häufig besucht usw. Beim Goldenen Jubiläum des Vereins im Januar 1930 hat er die Festsitzung mit einer eindrucksvollen, feingeschliffenen Rede eröffnet und den Verein in würdigster Weise vertreten. Wir bringen daher dem Jubilar zu seinem 90. Geburtstage unsere herzlichsten Glückwünsche und unseren innigen Dank für seine vieljährige Treue dar.

Arthur Schmidt

Die Elektrotechnik bei der Lagerhaltung von Lebensmitteln

Von **Th. E. Schmidt**, Frankfurt a. M.

DK 621.3 : 621.565.9

Übersicht. Der heutige Stand der maschinellen Kühlung zur Frischhaltung von Lebensmitteln und die hierzu verwendeten elektrischen Maschinen und Geräte werden geschildert. Der maschinellen Kühlung haben sich im Einfrieren von Lebensmitteln neue Anwendungsgebiete erschlossen, worüber eine Übersicht gegeben wird.

Stand der Kälteerzeugung zur Lebensmittelfrischhaltung

Die Erhaltung der Lebensmittel durch Kühlung hat sich besonders im letzten Jahrzehnt in stetig steigendem Maß entwickelt. Diese Entwicklung ist einerseits gekennzeichnet durch die zunehmende Anwendung der Kühlung zum Frischhalten der Lebensmittel in Kühlräumen, Markthallen, Schlachthöfen, Gewerbebetrieben und schließlich beim letzten Verbraucher, den Gaststätten und Haushaltungen. Anderseits haben sich der Kältetechnik neue Anwendungsgebiete erschlossen, wobei die Erhaltung von Lebensmitteln verschiedener Art durch Einfrieren wohl das bedeutendste sein dürfte.

An dieser Entwicklung hat die Elektrotechnik, wie auf so vielen Gebieten, einen erheblichen Anteil. Erst die Verwendung von Kompressions-Kältemaschinen mit elektromotorischem Antrieb schuf die Voraussetzung für die Schaffung von Kältemaschinen kleiner Leistungen, wie sie für die Kaltlagerung in Gewerbebetrieben benötigt werden, und sichern der Maschine die notwendige vielseitige Anwendbarkeit.

Ferner war es von entscheidender Bedeutung, daß die selbsttätige Steuerung der Kältemaschine gerade mit elektrischen Geräten einfach zu verwirklichen ist, so daß die vollautomatische Kältemaschine entstehen konnte, die gerade für die allgemeine Verbreitung der maschinellen Kühlung unerläßlich war.

Es ist allgemein wenig bekannt, in welchem Umfange die künstliche Kälteerzeugung zur Erhaltung von Lebensmitteln eingesetzt wird und welche weitere Verbreitung noch zu erwarten ist. Von Weckerle [1]*) werden für 1936 folgende Angaben (Tafel 1) über Gewerbebetriebe, die die Kühlung zur Lebensmittelfrischhaltung benötigen, sowie in einigen Fällen über die Durchsetzung dieser Betriebe mit Kältemaschinen gemacht.

Tafel 1. Kältemaschinen in den verschiedenen Gewerbebetrieben zur Lebensmittelfrischhaltung.

Kühlgut	Verwendungsbereich	Anzahl der Betriebe	Durchsetzung mit Kältemaschinen in %
Fleisch	Schlachthäuser	517	
	Fleischfabriken	1 349	
	Fleischereien	104 183	55
	Wild- und Geflügelgeschäfte	3 034	2,5
Fisch	Fisch-Industrie	1 172	
	Einzelhandel	10 037	
Milch und Milcherzeugnisse	Molkereien	12 994	
	Einzelhandel	48 261	
Bier	Brauereien und Mälzereien	4 174	
	Hefefabriken	62	
Obst und Gemüse	Groß-Markthallen	10	
	Einzelhandel	61 721	2,5
Verschiedenes	Kühlhäuser	51	100
	Bäckereien, Konditoreien	114 061	4.5
	Gasthäuser, Pensionen, Wirtschaften	250 368	5
	Krankenhäuser, Sanatorien	4 938	

*) Die Zahlen in eckigen Klammern [ ] beziehen sich auf das Schrifttumsverzeichnis am Schluß der Arbeit.

Die Angaben über die Durchsetzung der einzelnen Gebiete sind dahin zu ergänzen, daß die Versorgung von Schlachthöfen, Markthallen, Fleischwarenfabriken, Molkereien und Brauereien bereits den Grad der möglichen Sättigung fast erreicht hat, während gerade die kleineren Lebensmittelbetriebe hiervon zum größten Teil noch recht weit entfernt sind.

Tafel 2 gibt die Zahl der 1936 erstellten Kältemaschinen an und enthält ungefähre Angaben über die damals insgesamt im Betrieb befindlichen Maschinen. Diese Aufstellung erfaßt allerdings auch die Kältemaschinen, die anderen Zwecken dienen; aber die Maschinen mit weniger als 20 000 kcal/h sind zum weitaus größten Teil im Dienst der Kaltlagerung von Lebensmitteln im Betrieb.

Tafel 2. Statistik der 1936 erstellten und in Betrieb befindlichen Kältemaschinen.

Kältemaschinenleistung kcal/h	1936 erstellt	1936 insgesamt in Betrieb	mittlerer Anschlußwert kW	Gesamtanschlußwert kW
über 20 000	370	25 000	über 6 kW	1 000 000
von 3500 bis 20 000	680	10 000	2,5 bis 6	43 000
bis 3500	9485	75 000	0,2 bis 2,5	75 000
Haushaltschränke	7470	55 000	0,1 bis 0,3	12 000
			Summe:	1 130 000

Der Verkauf von Kältemaschinen hat sich in den folgenden Jahren stetig gesteigert. Dabei ist der Absatz von Haushalt-Kühlschränken am stärksten gewachsen; trotzdem kann auch hier von einer nennenswerten Durchsetzung bei einem Bestand von etwa 20 Mill Haushaltungen in Deutschland noch nicht gesprochen werden. Der Stromverbrauch dieser Anlagen beträgt nach der Aufstellung in Tafel 2 etwa 10 % des gesamten Stromverbrauches in Deutschland im Jahre 1936.

Antrieb der Kältemaschinen

a) Schwankungen des Energiebedarfes

An die Antriebsmotoren der Kältemaschinen sind bestimmte Forderungen zu stellen, die besonders im Gebiet mittlerer und kleiner Leistungen zur Entwicklung besonderer Motoren geführt haben. Der Energiebedarf der Kältemaschine ist aus verschiedenen Gründen nicht gleichbleibend. Das vom Verdichter der Kältemaschine zu bewältigende Druckverhältnis ist mitunter in weiten Grenzen veränderlich. Der Druck, unter dem das angesaugte Kältemittel steht, ändert sich entsprechend der Verdampfungstemperatur, die sich ihrerseits nach der verlangten Kühltemperatur richtet. Je tiefer die verlangte Temperatur ist, desto geringer ist der Ansaugdruck. Der Enddruck, auf den das Kältemittel verdichtet wird, ist in erster Linie abhängig von der Temperatur und Menge des die Kondensationswärme aufnehmenden Kühlmittels (Wasser oder Luft). Hiermit ändert sich dann auch der Energiebedarf des Verdichters. Aber auch der Gütegrad des Verdichters ist von dem Druckverhältnis abhängig, wodurch der Energiebedarf ebenfalls beeinflußt wird. In welcher Weise der Energiebedarf einer Kompressionskältemaschine mittlerer Leistung von der Verdampfungstemperatur und der Temperatur des Kühlmittels abhängig ist, veranschaulicht Tafel 3.

Beim Abkühlen tritt also anfangs eine wesentlich stärkere Belastung des Motors auf, der deshalb ent-



Tafel 3. Abhängigkeit der Leistung bei Kompressionskältemaschinen von der Verdampfungs- und Kühlmitteltemperatur.

Verdampfungstemperatur °C		— 5	— 10	— 15	— 20	— 25	— 30
Temperatur des Kühlmittels °C	+ 10	113	107	100	92	83	72
	+ 15	119	112	105	96	85	74
	+ 20	125	117	109	99	88	76
	+ 25	134	123	113	103	91	78
	+ 30	148	128	118	107	94	81

sprechend reichlich bemessen sein muß. Dies führt aber bei tiefen Verdampfungstemperaturen dazu, daß der Motor unter Umständen nur schwach belastet ist und dann mit schlechtem Wirkungsgrad arbeitet. Auch die einwandfreie Sicherung des Motors wird dadurch erschwert. Hierzu kommt noch, daß der Anlauf der Kompressoren in der Regel gegen Druck erfolgen muß, so daß hohe Anzugsmomente nötig werden. Diese betragen bei Motoren von 5 bis 10 PS etwa das 1,5- bis 2,5fache des Nennwertes, bei kleineren Maschinen steigt dieser Wert bei Motoren von $^1/_6$ PS bis auf das 4fache und mehr an. Bei Großkältemaschinen mit Handbedienung können verschiedene Mittel angewandt werden, um diese unerwünschten Schwankungen zu beseitigen. Die wichtigsten sind: Drehzahlregelung, Vorrichtungen zum Anfahren bei Druckausgleich oder Beeinflussung der Förderleistung durch verschiedene Mittel. Bei vollautomatischen Maschinen mittlerer und kleiner Leistungen macht man von diesen Hilfsmitteln bis heute nur selten Gebrauch. Druckausgleichventile zum Kurzschließen von Druck- und Saugseite des Verdichters, die elektrisch oder mechanisch betätigt werden, sind neuerdings im Zug der Entwicklung von Kleinkältemaschinen für Kühlschränke mit Einbaumotoren für $^1/_{10}$ bis $^1/_6$ PS, die im Kältemittel laufen, zu finden, da hierbei das hohe Anzugsmoment besonders störend ist.

b) Auswahl der Motorenbauart

Bei Leistungen über ⅓ PS herrscht für Drehstrom der Kurzschlußläufer vor. Bei Wechselstrommotoren, die bis etwa ⅓ PS vorzugsweise verwendet werden, hat der Induktions-Repulsionsmotor, der lange Zeit das Feld behauptete, heute dem Kondensatormotor weichen müssen. Dieser wird meist mit einem über Fliehkraftschalter abzuschaltenden Kondensator zum Erzeugen des notwendigen hohen Anlaufmomentes ausgerüstet und besitzt einen zweiten Kondensator, der zur Verbesserung des Leistungsfaktors und des Wirkungsgrades dauernd eingeschaltet bleibt. Die Motoren werden, soweit zulässig, direkt eingeschaltet, weshalb sich gerade Dreinutmotoren wegen ihres geringen Kurzschlußstromes besonders gut eingeführt haben.

Drehzahlgeregelte Motoren werden für kleine Leistungen kaum angewendet, hingegen findet man häufiger für mittlere Leistungen polumschaltbare Motoren mit zwei Drehzahlbereichen, etwa 1000/1500 oder 750/1500 U/min bei gleichbleibendem Drehmoment. Diese werden teils von Hand umgeschaltet, etwa um durch Drehzahländerung eine jahreszeitlich bedingte Änderung der Kälteleistung vornehmen zu können, teils wird die Umschaltung selbsttätig gesteuert, wie in Bild 1. Gerade in mehreren Kühlräumen mit verschiedenem wechselndem Kältebedarf bietet eine derartige Anordnung betriebliche und wirtschaftliche Vorteile.

c) Elektrische Regel- und Steuereinrichtungen bei Kühlanlagen

Bild 1 zeigt gleichzeitig die Anordnung verschiedener elektrischer Geräte zur Regelung und Steuerung von Kältemaschinen. Die Anpassung der Kälteerzeugung an den Kältebedarf geschieht in der Regel durch Ein- und Ausschalten der Kältemaschine in Abhängigkeit von der Temperatur des Kühlkörpers, des Kühlraumes oder der gekühlten Flüssigkeit. Man unterscheidet Verdampfer-, Raum- und Flüssigkeitsthermostaten, bei denen die verschiedene Temperaturempfindlichkeit eine jeweils andere konstruktive Lösung bedingt. Da der Druck im Verdampfer ebenfalls ein Maßstab für die Temperatur des Kühlkörpers ist, kann auch die Schaltung in Abhängigkeit vom Verdampferdruck durch einen Pressostaten oder Druckschalter erfolgen.

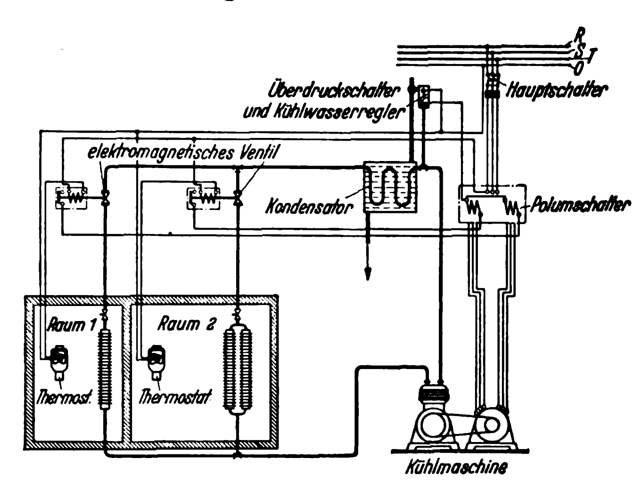


Bild 1. Schema einer Mehrraumkühlanlage mit polumschaltbarem Antriebsmotor.

Bei einer Kältemaschine mit mehreren Kühlstellen werden diese oft getrennt gesteuert, indem jeder Kühlstelle ein Thermostat zugeordnet ist, der nicht die Maschine ein- und ausschaltet, sondern ein in die Kältemittelleitung eingebautes Ventil öffnet und schließt. In diesem Fall besitzen entweder die Ventile oder die Thermostaten Hilfskontakte. Der Steuerstrom der Maschine wird abgeschaltet, wenn sämtliche Ventile geschlossen haben.

Jede Maschine ist außerdem von einer bestimmten Leistung an mit einem Überdruckschalter ausgerüstet, der die Stromzufuhr zum Antriebsmotor beim Überschreiten des zulässigen Höchstdruckes unterbricht. Die Apparate schalten die Maschine selbsttätig wieder ein, wenn der Druck wieder auf das zulässige Maß abgesunken ist. Dieses Gerät ist ein Pressostat, der vom Druck des Kältemittels im Kondensator betätigt wird.

Die Ausführung des elektrischen Teiles dieser Steuergeräte ist weitgehend ähnlich. Meist werden unter Federwirkung stehende Schnappschalter verwendet, die den Stromkreis ein- oder zweipolig unterbrechen; auch Kippschalter mit Quecksilberschaltröhren sind bei Apparaten für ortsfeste Anlagen beliebt. Die Schalter sind allgemein so gebaut, daß sie bis 220 V direkt an das Netz angeschlossen werden können; bei höheren Spannungen liefert ein Kleintransformator den Steuerstrom für die Geräte. Kleine Motoren werden von den Geräten unmittelbar geschaltet; bei Motorströmen über etwa 3 A dienen die Geräte lediglich zur Schaltung des Steuerstromes für das Motorschütz.

Als Anwendungsbeispiel diene die in Bild 1 skizzierte Anlage. Die Kältemaschine kühlt dabei zwei Räume mit verschiedenem Kältebedarf. In jedem Kühlraum überwacht ein Thermostat die Temperatur, der beim Erreichen der gewünschten Kühlraumtemperatur den Stromkreis des Magnetventils öffnet und so den Zufluß des Kältemittels zum Verdampfer unterbricht. Die Hilfskontakte der Magnetventile steuern den Polumschalter des Antriebsmotors. Haben beide Thermostaten ausgeschaltet, so wird der Motor stillgesetzt. Schaltet der Thermostat des Raumes *1* mit geringerem Kältebedarf ein, so läuft die Kältemaschine mit der niedrigen Drehzahl, schaltet der Thermostat des Raumes *2* oder sind beide Thermostate eingeschaltet, so läuft der Motor mit

voller Drehzahl. Durch einen zusätzlichen Hilfskontakt im Umschalter kann bei Bedarf auch erreicht werden, daß der Raum *1* ungekühlt bleibt, solange der Raum *2* Kühlung benötigt.

Durch Einsatz der elektrischen Geräte ist es also möglich, auch die vielseitigen Aufgaben, die die Kaltlagerung von Lebensmitteln stellt, befriedigend zu lösen und die Notwendigkeit der Bedienung der Anlage vollkommen auszuschalten. Dieser Fortschritt hat den Weg für die allgemeine Anwendbarkeit der Kältemaschine erst richtig freigemacht. Die Erfolge auf dem Gebiet der vollautomatischen Kältemaschinensteuerung, die zunächst nur bei kleineren und mittleren Leistungen vorgesehen wurde, waren derart groß, daß man heute auch bei hohen Leistungen immer mehr zum automatischen Betrieb übergeht.

Neue Kühlverfahren für die Lebensmittellagerung

Während für die kurzfristige Sicherung der Lebensmittel gegen Verderb Temperaturen nahe dem Gefrierpunkt ausreichend sind, kann eine langfristige Lagerung durch Kühlung nur bei Temperaturen unter dem Gefrierpunkt und mit eingefrorenen Lebensmitteln durchgeführt werden. Die Lagertemperaturen bewegen sich dabei unter — 8 °, sie betragen in der Regel — 15 bis — 20 °. Das Einfrieren der Lebensmittel geschieht bei noch wesentlich tieferen Temperaturen.

a) Entwicklung der Schnell- und Tiefgefrierverfahren

Die Tatsache, daß sich eingefrorene Lebensmittel sehr lange genußfähig erhalten lassen, ist nicht neu, jedoch bedurfte es einer umfangreichen Forschungstätigkeit, um die Verfahren zu ermitteln, die die Erzeugung einer hochwertigen und von der Frischware kaum zu unterscheidenden Gefrierkonserve ermöglichen. Die ersten grundlegenden Untersuchungen wurden in Deutschland während des Weltkrieges [2] gemacht, wobei vor allem der große Einfluß der Gefriergeschwindigkeit festgestellt und die Forderung nach möglichst raschem Einfrieren erhoben wurde. In den V. S. Amerika wurden diese Erkenntnisse aufgegriffen; dort entstanden die ersten Gefrierunternehmungen, die auch den weiteren Ausbau des Verfahrens durchführten.

In Deutschland stand man dieser Entwicklung noch bis vor kurzem ablehnend gegenüber, und es dauerte einige Jahre, bis sich die Erkenntnis durchsetzte, daß es sich hierbei um eines der hochwertigsten Verfahren zur Erhaltung der Lebensmittel handelt, das sich auch wirtschaftlich durchführen läßt. Am Anfang der neueren Entwicklung steht in Deutschland die Gründung des Reichsinstitutes für Lebensmittelfrischhaltung, das die Entwicklung der Gefrierkonserven von Anfang an maßgeblich beeinflußt hat [3, 4]. Im Zuge des Vierjahresplanes erfolgte der rasche Aufbau einer Gefrierkonservenindustrie, die in diesem Jahre zum erstenmal Lebensmittel in größerem Umfang einfriert [5, 6].

Die volkswirtschaftliche Bedeutung liegt einmal darin, daß der bei der Konservierung und Lagerung von Lebensmitteln unvermeidliche Vitaminverlust bei den Gefrierkonserven am geringsten ist; bei manchen Lebensmitteln tritt überhaupt kein nennenswerter Verlust auf. Außerdem ist es möglich, die meisten Lebensmittel in frischem Zustand ohne irgendwelche geschmacksmindernden oder den Nahrungswert herabsetzenden Zusätze wie bei anderen Konservierungsverfahren einzufrieren und zu erhalten. Ferner zeigt eine genaue Überprüfung [6], daß die Gefrierkonserve gegenüber der Dosenkonserve eine große Ersparnis an Eisen und Metallen bringt. In Deutschland wurden 1936 rd. 500 Mill Weißblechdosen verbraucht [7], die zum größten Teil verloren gehen. Der Ausbau einer leistungsfähigen Gefrierkonservenindustrie benötigt nur einen Bruchteil dieser Werkstoffe.

b) Behandlung der verschiedenen Lebensmittelkühlgüter

Für das Schnellgefrieren eignen sich in erster Linie Fleisch, Fisch und Eier. Besonders bei Fischen ist ein anderes Verfahren zur Erhaltung in der ursprünglichen Form nicht bekannt. Nach großen Bemühungen ist es auch gelungen, das Gefrieren von Obst und Gemüse durchzuführen. Nicht alle Arten und Sorten haben sich als geeignet erwiesen, auch sind mitunter Vorbehandlungen oder Zusatzverfahren notwendig [5]. Das Schnellgefrieren von Butter, Milch und Fruchtsäften ist noch nicht weiter entwickelt.

Die Gefrierkonservierung gliedert sich in verschiedene Abschnitte mit verschiedenartigen kältetechnischen Einrichtungen. Das Verfahren beginnt schon vor dem Einfrieren, da die Behandlung der Lebensmittel vor dem Gefrieren von großem Einfluß auf ihre spätere Haltbarkeit ist. Oberster Grundsatz ist es deshalb, nur einwandfreie Ware zu verarbeiten und diese auf dem kürzesten Weg zum Gefrierer zu bringen. Obst und Gemüse werden daher im Erntegebiet eingefroren, Fische gleich nach dem Fang, Fleisch bald nach der Schlachtung.

Falls ein sofortiges Einfrieren nicht möglich ist, lagern die Lebensmittel in Vorkühlräumen bei Temperaturen nahe dem Gefrierpunkt. Hierzu dienen Kälteanlagen, wie sie bereits eingangs beschrieben sind. Zum Gefrieren gelangt gut gereifte und aussortierte Ware, die zumeist vor dem Gefrieren verpackt wird. Die Packung ist je nach der Art des Gutes verschieden; es werden hierfür Cellophan und gewachste Papiere verwendet. Manche Gemüse, wie z. B. Gurken, werden erst nach dem Einfrieren verpackt. Die Packung schützt die Konserve bis zum Verbrauch, sie verhindert Geschmacks- und Gewichtsänderungen.

c) Das Kontaktverfahren

Das Schnellgefrieren wird auf drei verschiedene Arten durchgeführt: Beim ersten Verfahren wird die in gleich große Kartons oder Formen gepackte Ware zwischen

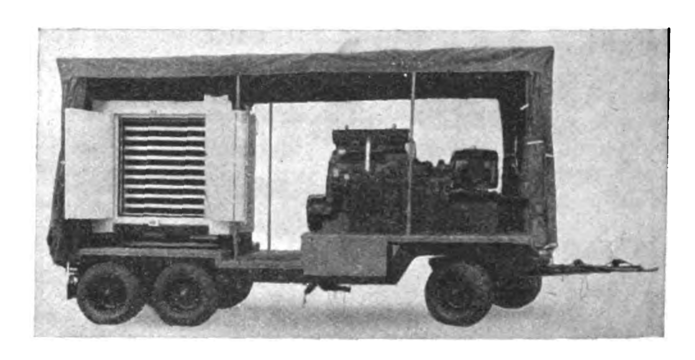
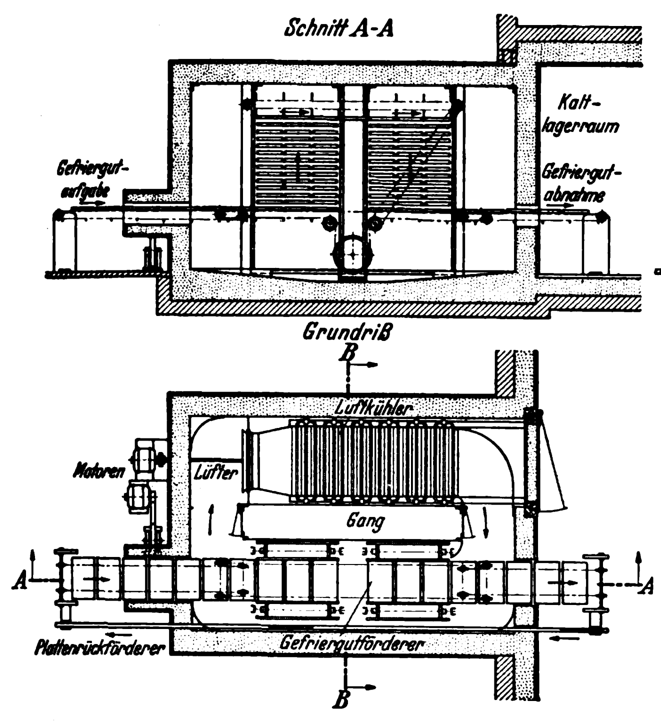


Bild 2. Fahrbare Gefrieranlage mit Plattengefrierer nach Birdseye.

Platten gepreßt, die durch direkte Verdampfung oder indirekt durch Berieseln mit tiefgekühlter Sole auf etwa — 30 ° gekühlt werden. Der Wärmeentzug geschieht also durch direkte Berührung der Packung mit der Kühlfläche. Bild 2 zeigt eine solche fahrbare Gefrieranlage für direkte Verdampfung. Sie besitzt eine Kältemaschine mit einer Leistung von rd. 125 000 kcal/h; zwischen den Platten des Gefrierers, die hydraulisch gehoben und gesenkt werden können, sind z. B. 900 kg Fleisch unterzubringen, die in 2½ h (Rindfleisch) bis 3¼ h (Schweinefleisch) durchgefroren sind. Bei durchgehendem Betrieb können täglich mit einem Gefrierer 125 zerlegte Schweine oder 20 Rinder eingefroren werden. Die Einrichtung benötigt hierfür einen Anschlußwert von rd. 23 kW [8]. Beim Einfrieren von Fisch ist die Leistung etwa ¼ höher, bei Gemüse ist infolge des geringen Stapelgewichtes und der meist längeren Gefrierzeiten die Ausbeute wesentlich geringer.



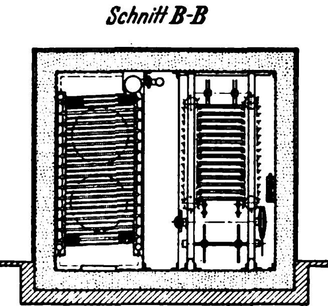


Bild 3. Heckermann-Gefrieranlage für große Leistungen mit Paternoster-Fördereinrichtung.

d) Das kontinuierlich arbeitende Kaltluftverfahren

Beim zweiten Verfahren werden die Lebensmittel, verpackt oder unverpackt, in rasch strömender Kaltluft eingefroren. Die Strömungsgeschwindigkeit wird bis auf 10 m/s gesteigert, um den Wärmeübergang zu verbessern, die Lufttemperatur bis auf — 40 ° gesenkt [9]. Der Energiebedarf derartiger Anlagen ist allgemein etwas höher, besonders wenn die Gefrierzeit nicht höher sein soll als bei Plattenapparaten; dafür ist als Vorteil dieses Verfahrens anzusprechen, daß hier ein kontinuierlicher Betrieb durchführbar ist, daß ferner alle Lebensmittel ohne Rücksicht auf ihre Größe, Form und Art der Verpackung eingefroren werden können. In Bild 3 ist ein Gefrierer dieser Art dargestellt, wobei die konstruktive Lösung des kontinuierlichen Durchlaufs des Gutes besonders beachtenswert ist.

e) Das Zellenverfahren

Das dritte Verfahren besteht darin, daß die Lebensmittel in eiszellenähnlichen Kästen in tiefgekühlter Sole eingefroren werden. Auch hierbei ist ein kontinuierliches Arbeiten möglich. Gegenüber dem vorigen Verfahren ist die Gefriergeschwindigkeit größer, so daß mit höheren Temperaturen bei gleicher Gefrierzeit auszukommen ist. Die Anlage- und Unterhaltungskosten sind aber auch entsprechend höher. Für ortsbewegliche Anlagen kommt dieses Verfahren kaum in Betracht.

f) Besonderheiten der Gefrierkonserven

Nach dem Gefrieren müssen die Lebensmittel bis zum Verbrauch auf — 15 bis — 20 ° gehalten werden; denn die „Kühlkette", d. i. die lückenlose Aufeinanderfolge der Kühlung vom Einlagern bis zum Verbrauch, darf bei Gefrierkonserven nicht unterbrochen werden. Deshalb werden Gefrierlagerräume gleich beim Gefrierer errichtet, die wenigstens eine Tagesproduktion aufnehmen können. Ortsveränderliche Gefrierer, die zum Einfrieren in den Erntegebieten stationiert werden, erhalten zu diesem Zweck zerlegbare Kühlzellen beigegeben, die mit einer besonderen Kältemaschine gekühlt werden (Bild 4). Die Zellen sind vollkommen zerlegbar und können je nach Bedarf zu größeren oder kleineren Einheiten zusammengebaut werden [10]. In den Zellen sind allseitig soledurchflossene Röhrenkühler angeordnet, die in beliebiger Zahl angeschlossen werden können. Die Sole wird durch eine Kleinkältemaschine gekühlt, die automatisch die Innentemperatur auf — 20 ° hält. Die Kältemaschine ist mit einem Antriebsmotor von 3 kW ausgerüstet und kühlt eine Zellenkombination mit 23 m³ auf — 20 °.

Mit tiefgekühltem Wagen werden die Gefrierkonserven in Kühlhäuser zum Einlagern gebracht. Die Transportwagen werden ebenfalls maschinell gekühlt und während des Fahrens durch einen Verbrennungsmotor angetrieben; für den Kühlbetrieb während des Stillstandes ist oft zusätzlich ein Elektromotor vorgesehen.

Die Einlagerung geschieht in Kühlräumen, die im Prinzip denselben Aufbau und dieselbe Einrichtung wie Lagerräume für höhere Temperaturen aufweisen; Anlage- und Betriebskosten sind entsprechend der tieferen Lagertemperatur höher. Eine Übersicht hierüber gibt nachstehende Aufstellung [11] Tafel 4. Diesem Vergleich sind gleiche Lebensmittelmengen zugrunde gelegt; der Vollständigkeit halber ist auch der Kältebedarf für das Einfrieren vergleichsweise angegeben.

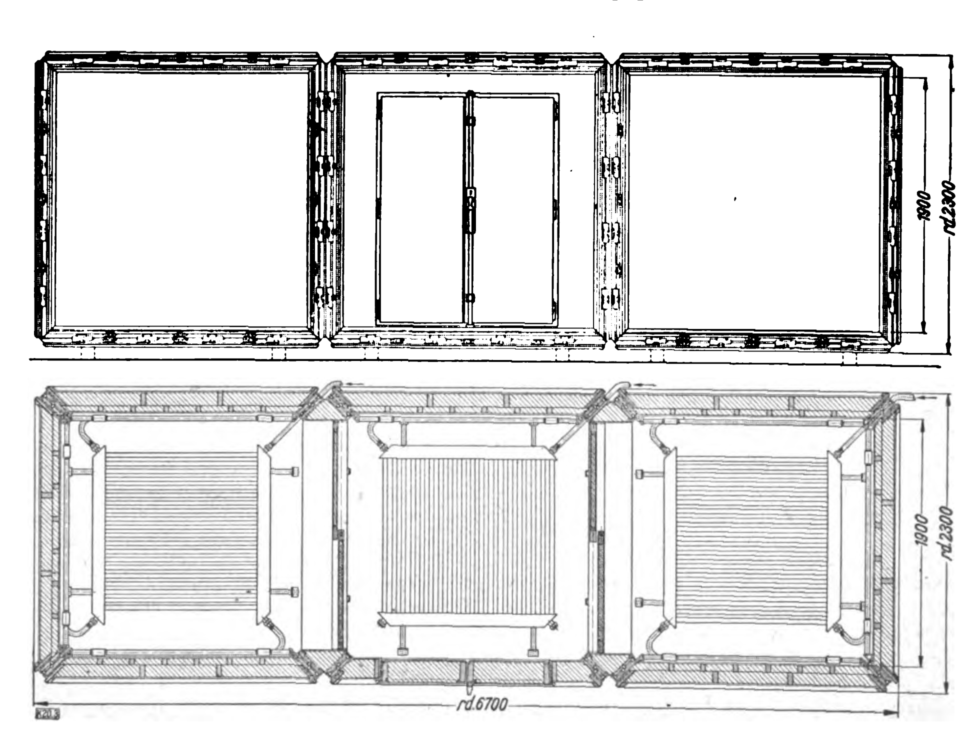


Bild 4. Zerlegbare Dreifach-Kühlzelle für die Lagerung von Gefrierware.

Tafel 4. Aufwendungen für die Kühllagerung.

Vorgang	Temperatur	Kälteleistung	Maschinengröße
abkühlen auf	0°	1	1
gefrieren auf	— 10	4,4	6
	— 20	4,6	9
	— 30	4,8	12
lagern bei	0°	1	1
	— 10	1,5	2
	— 20	2	4

An die Lagerung im Kühlhaus schließt sich unter Umständen noch eine Lagerung beim Verteiler an, wofür teils Kühlzellen, teils ortsfeste Kühlräume benötigt werden. Auch Großverbraucher, wie Hotels, Krankenhäuser, Kasernen u. a. werden damit versehen sein müssen. Hier eröffnet sich der Kleinkältemaschine ein neues Anwendungsgebiet. Die bisher für höhere Temperaturen entwickelten Bauformen eignen sich hierfür mit geringen Änderungen.

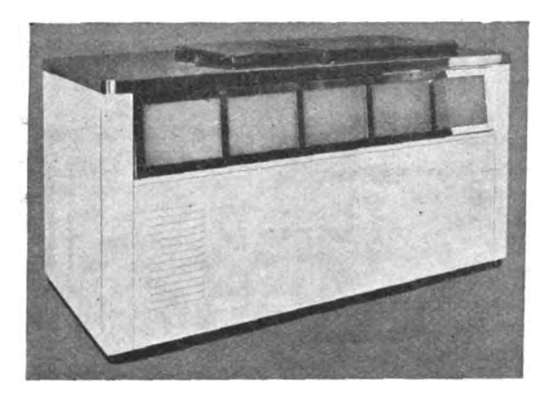


Bild 5. Verkaufstruhe für Gefrierware.

Beim Einzelhändler tritt an Stelle des Kühlschrankes für den Vertrieb der Gefrierkonserven die tiefgekühlte **Gefriertruhe**, Bild 5, in der die Ware bis zum Verkauf bei —15 bis —20 ° lagert. Auch diese Truhen werden maschinell gekühlt; sie sind mit einer Kleinkältemaschine ausgerüstet, die von einem Motor mit ¼ bis ⅓ PS angetrieben wird. Das hier gezeigte Modell hat einen Nutzinhalt von 350 l und dementsprechend ein Fassungsvermögen von 100 bis 200 kg, je nach Art der Ware. Der Tagesverbrauch beträgt 2 bis 3 kWh.

Auch der Haushaltskühlschrank wird auf die Gefrierkonserve in Zukunft Rücksicht nehmen müssen. Die maschinell gekühlten Haushaltskühlschränke besitzen bereits im Verdampfer ein Abteil zur Eisbereitung, das entsprechend vergrößert auch zur Aufnahme von Gefrierkonserven benutzt werden kann.

Es tauchten anfangs Zweifel auf, ob die Gefrierkonserve erfolgreich mit der Dosenkonserve in Wettbewerb treten könne. Die Erfahrungen in den V. S. Amerika, wo 1938 rd. 200 000 t Gefrierkonserven hergestellt wurden und der Umsatz ständig steigt, haben die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens bewiesen. Auch die bisher vorliegenden deutschen Ermittlungen zeigen, daß die Gefrierkonserve nicht teurer wird als die Dosenkonserve, dieser aber qualitativ überlegen ist [5]. Mit der Einführung der Gefrierkonserve steht die deutsche Kälteindustrie am Anfang einer neuen vielversprechenden Entwicklung.

Zusammenfassung

Die Kaltlagerung als Mittel zur Erhaltung der Lebensmittel wird vorzugsweise mit elektrisch angetriebenen und gesteuerten Kältemaschinen durchgeführt. An die Motoren sind dabei besondere Forderungen zu stellen, besonders bei Maschinen kleiner Leistungen. Die hierfür entwickelten elektrischen Steuergeräte sind so vielseitig, daß eine vollautomatische Steuerung auch bei schwierigen Fällen zu verwirklichen ist. Nur in wenigen Anwendungsgebieten ist die erstrebte Durchsetzung mit Kältemaschinen bereits erreicht. Ein neues großes Anwendungsgebiet für die maschinelle Kühlung ist das Einfrieren von Lebensmitteln zur langfristigen Vorratshaltung und die Kaltlagerung der Gefriergüter von der Erzeugung bis zum Verbrauch.

Aus dem Schrifttum

[1] H. Weckerle, Eine wirtschaftswissenschaftliche Studie über die Kältemaschinen-Industrie. Diss. 1937, Stuttgart.

[2] Plank u. Kallert, Neue Untersuchungen über die Konservierung von Fleisch und Fischen durch das Gefrierverfahren. Z. ges. Kälteind. 24 (1917) S. 38; 30 (1923) S. 17; 31 (1924) S. 2; 32 (1925) S. 109.

[3] R. Heiss, Einrichtungen und Forschungsaufgaben des Reichsinstituts für Lebensmittelfrischhaltung. Z. VDI 80 (1936) S. 637.

[4] R. Heiss, Die Aufgaben der Kältetechnik in der Bewirtschaftung Deutschlands mit Lebensmitteln, RKTL-Schriften H. 77 (1939), Beuth-Verlag.

[5] R. Heiss, Gefrierkonservierung von Obst und Gemüse in Deutschland. Z. VDI 83 (1939) S. 1229.

[6] H. Mosolff, Die Bedeutung der Kältetechnik für die Bewirtschaftung von Lebensmitteln, Techn. i. d. Landw. 21 (1940) S. 21.

[7] Rdsch. techn. Arb. 16 (1936) Nr. 44, S. 3.

[8] F. Nippert, Fleischgefrierziegel für die Wehrmacht, Fleischwirtsch. 20 (1940) Nr. 13, S. 1.

[9] K. Linge, Das Gefrieren von Lebensmitteln nach dem Heckermann-Verfahren, Chem. Apparatur 27 (1940) S. 51.

[10] Th. E. Schmidt, Neue Entwicklungsrichtungen im Bau von Kühlzellen und Kühltruhen, Z. ges. Kälteind. 47 (1940) S. 53.

[11] Sitzung des Ausschusses Obst und Gemüse, Z. ges. Kälteind. 45 (1938) S. 71.

Ein Breitbandverstärker für Ultrahochfrequenz

DK 621.385.831

In der beschriebenen Verstärkerröhre wird ein Elektronenstrahl durch ein Gitter in seiner Dichte hochfrequent gesteuert und dann durch den Spalt eines außen auf die Röhre aufgesetzten Hohlraumresonators durchgeführt, wobei ihm seine Hochfrequenzenergie ausgekoppelt wird[1]). Bild 1 zeigt einen Querschnitt durch die gesamte Anordnung sowie die Spannungsquellen. Die Steuerspannung wird der Kathode K und dem negativ vorgespannten Gitter G über eine Paralleldrahtleitung P zugeführt. Um im Kathodengitterraum die Elektronenlaufzeiterscheinungen herabzusetzen, ist diese Laufstrecke sehr kurz gemacht, außerdem wird mit hohen Elektronenbeschleunigungsspannungen gearbeitet. Da die Kathode und das knapp vor ihr liegende Steuergitter gekrümmt ausgebildet sind, entsteht zusammen mit einer Blende eine zur Strahlmitte gerichtete radiale Feldkomponente, die den Elektronenstrahl konzentriert. Der Strahl tritt dann durch den Beschleunigungszylinder c durch und wird außerdem an dieser Stelle durch ein Magnetfeld bei h gebündelt. Ebenso ist im Spaltbereich a, b des Hohlraumresonators ein konzentrierendes Magnetfeld angeordnet. Diese beiden magnetischen Linsenfelder sind für den Betrieb der Röhre bei gutem Wirkungsgrad wesentlich; sie bilden sich zwischen den kurzen Eisenringen m_1, m_2, m_3 aus, die in den Innenleiter des Hohlraumresonators eingeschoben sind. Der magnetische Fluß wird in einer seitlich vom Resonator befindlichen Magnetisierungsspule M erzeugt und den Ringen über zwei Joche zugeführt. Die dazu erforderliche Magnetisierungsleistung beträgt bei richtiger Einstellung der Linsen nur einige Watt, was einen wesentlichen Vorteil gegenüber der bei einer früheren Anordnung verwendeten Magnetisierungs-

[1]) A. V. Haeff und L. S. Neergard, Proc. Inst. Radio Engrs., N. Y. 28 (1940) S. 126; 5 S., 8 B.



spule, die um den Hohlraumresonator gelegt war, bedeutet. Diese magnetische Linse im Spaltbereich ist nötig, um ein

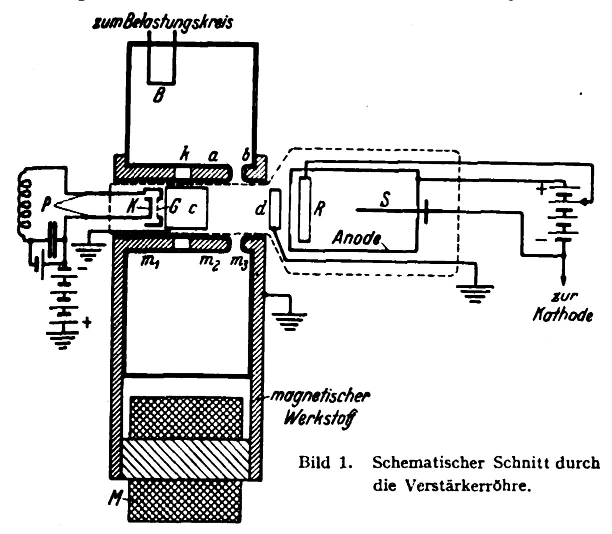


Bild 1. Schematischer Schnitt durch die Verstärkerröhre.

Divergieren des Strahles zu verhindern. Eine eingehende Betrachtung zeigt nämlich, daß beträchtliche zerstreuende Kräfte infolge des Hochfrequenzfeldes des Auskopplers auf den Strahl einwirken. Zur Verhinderung hochfrequenter Wirbelstromverluste im Eisen sind die im Resonator befindlichen Teile mit einem Werkstoff guter elektrischer Leitfähigkeit belegt, so daß wegen des Skineffektes ein Eindringen der elektrischen Kraftlinien in das Eisen verhindert wird. Eine besondere Ausbildung erfährt auch der Anodenteil der Röhre. Da es nur erforderlich ist, daß die Elektronen den Spalt des Auskopplers mit der nötigen Geschwindigkeit durchlaufen, kann die eigentliche Anode, die von dem Hochfrequenzteil der Röhre räumlich getrennt ist, mit niedriger Spannung betrieben werden. Die hierbei austretenden Sekundärelektronen werden von einer ring- und einer stabförmigen Elektrode *R*, *S*, die wie Bremsgitter wirken, aufgenommen. Außerdem ist die Anode so ausgebildet, daß möglichst wenig Sekundärelektronen austreten können. Der Sekundärelektronenstrom kann so auf 1,5% des Strahlstromes herabgedrückt werden. Die Hochfrequenzauskopplung aus dem Resonator erfolgt über eine Koppelschleife *B*. Wird die Schleife so belastet, daß die übertragene Bandbreite 10 MHz beträgt, so gibt die Röhre bei zehnfacher Verstärkung 10 W ab. Dies wurde bei $\lambda = 60$ cm mit einer Beschleunigungsspannung von 3000 V und bei einem Strahlstrom von 40 mA erreicht. *Drg.*

Entwicklungslinien der Tonlampentechnik

Von J. Baltzer VDE, Schöneiche bei Berlin

DK 621.326.73

Übersicht. Aus in- und ausländischem Patentschrifttum werden den Entwicklungsstand kennzeichnende Tonlampen-Bauarten beschrieben, wobei die Anforderungen der Tonlampen, ihr Anschluß an Wechselstrom, Anordnungen zur Erzielung räumlicher Konstanz sowie Justier- und Auswechselvorrichtungen betrachtet werden.

Unter Tonlampen werden in erster Linie die in Lichtton-Wiedergabegeräten bzw. Tonfilmprojektoren verwendeten Glühlampen verstanden; sie dienen zur Beleuchtung der die photographischen Tonaufzeichnungen enthaltenden Tonspur der Ton- bzw. Bildtonfilme, wobei der Film an der Abtaststelle gleichförmig vorbeiläuft und durch geeignete Schlitzblenden, Spalte oder Optiken, z. B. Zylinderlinsen, und Mikroskopobjektive jeweils das Abtastlichtbündel zu einem schmalen Spaltbündel zusammengefaßt und abgeblendet ist. Gegenüber sonstigen Lampen, auch den Projektionslampen der Bildfilmprojektion, tritt die Forderung einer sehr viel größeren Konstanz der Lichtstärke des zur Spaltausleuchtung benutzten Lichtbündels auf. Eine zeitliche Konstanz ist notwendig, da langfristige Änderungen, z. B. infolge von Spannungsschwankungen, durch Änderung des Photostromes der von dem Abtastlichtbündel nach Durchgang durch den Film getroffenen Photozelle Lautstärkeänderungen hervorrufen und kurzfristige Schwankungen eine im Hörfrequenzbereich liegende zusätzliche Modulation außer der durch die Tonaufzeichnung bedingten gewollten Modulation bewirken, also Störtöne hervorrufen. Aber auch eine räumliche Konstanz, d. h. eine gleichmäßige Lichtstärke über die ganze Breite des Abtastlichtbündels, ist erforderlich, da andernfalls Tonverzerrungen auftreten. Ähnliche Probleme treten bei bestimmten Arten der Tonaufzeichnung und der Kopie auf. Wichtig ist ferner die Innehaltung dieser Bedingungen bei der Justierung und Auswechselung der Tonlampen. Der Aufsatz zeigt verschiedene Lösungen dieser Aufgaben, insbesondere an Hand der Patentliteratur.

Anschluß der Tonlampen an Wechselstrom

Schon frühzeitig[1]) nach der Einführung der Tonfilmtechnik in Deutschland hat man sich eingehend mit der Frage beschäftigt, die Tonlampe statt an besondere, erhebliche Wartung verlangende Akkumulatoren an das Wechselstromnetz anzuschließen; dabei tritt, ähnlich wie bei wechselstromgeheizten Röhren der Rundfunktechnik oder noch in verstärktem Maße, die Gefahr des Brummens auf, da die Lichtintensität der Tonlampe im Takte der Netzfrequenz schwankt. Als besonders naheliegend hat man die Zwischenschaltung von Gleichrichtern in der Praxis erfolgreich verwendet, wobei der gleichgerichtete Strom durch Spulen und Kondensatoren weiter geglättet wird. Um ohne Gleichrichter auszukommen, hat man ferner in der Tonlampe mehrere Glühfäden bzw. Wendeln angeordnet, die durch phasenverschobene Wechselströme, z. B. die einzelnen Phasen eines Drehstromnetzes, geheizt werden (vgl. Bild 1). Da durch ein optisches System das Licht der einzelnen Glühfäden vereinigt wird, so wird zur Spaltausleuchtung ein einem Mittelwert entsprechendes, weitgehend gleichmäßiges Licht verwendet[2]). Das System bedingt jedoch eine besondere Bauart der Lampe. Von der Erkenntnis ausgehend, daß der kurzwellige Anteil des Lichtes einer Glühlampe bei Wechselstromheizung wesentlich stärker schwankt als der langwellige, hat man schließlich schon frühzeitig versucht, auf rein optischem Wege

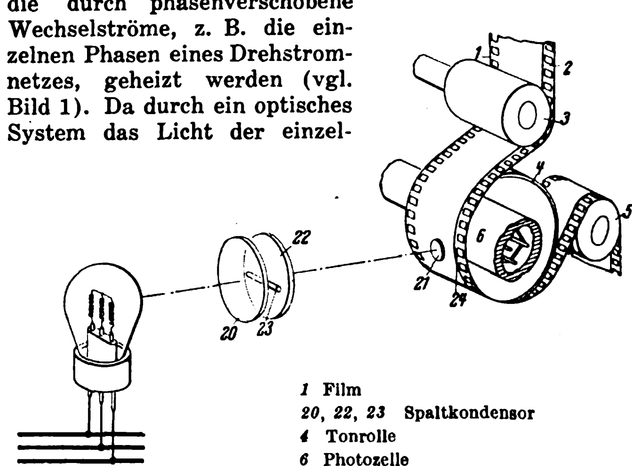


Bild 1. Drehstrombeheizte Mehrwendellampe.

[1]) Vgl. Petersen, Elektrotechn. Anz. 41 (1932) S. 557.

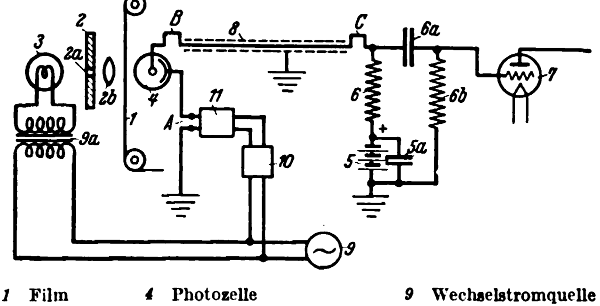
[2]) DRP. 567 827.



das Störbrummen zu bekämpfen, nämlich durch Einschaltung von das kurzwellige Licht absorbierenden Filtern.

Auch in neuerer Zeit hat man, wie insbesondere die Patentliteratur zeigt, auf diesem Gebiet vielseitig weitergearbeitet. Je einfacher die Anordnung im Bau und vor allem auch in der Wartung und Einstellung ist, je weniger sie auf die Verwendung von Speziallampen oder sonstigen Sonderteilen angewiesen ist, desto größer sind die Erfolgsaussichten. Nur des Interesses wegen sei daher ein Vorschlag[3]) erwähnt, eine Kompensation auf mechanischem Wege vorzunehmen, indem die Größe des Abtastspaltes durch eine elektromagnetische phasenverschobene Schlitzsteuerung im Takte des die Tonlampe speisenden Wechselstromes verändert wird; eine solche Anordnung, die auch eine ziemliche Komplizierung des Aufbaus darstellt, ist zweifellos recht empfindlich.

Eine verhältnismäßig einfache und sicher in manchen Fällen ausreichende Kompensation auf rein elektrischem Wege[4]) geht davon aus, daß es meist genügen dürfte, den Verstärkungsabfall der Verstärker hinter der Photozelle und gegebenenfalls die Dämpfung der Lautsprecher im Gebiet der tiefen Frequenzen über das übliche Maß hinaus zu vergrößern, um ohne eine wesentliche Beeinträchtigung des akustischen Gesamteindruckes die überwiegend durch die Grundfrequenz des Tonlampenheizstromes bedingten Störtöne ausreichend zu vermindern.



1 Film *2* Spalt *3* Tonlampe *4* Photozelle *5, 6, 7* Schaltelemente *8* abgeschirmte Zuleitung *9* Wechselstromquelle *10* Frequenzverdoppler *11* Phasenschieber

Bild 2. Elektrische Kompensation im Photozellenkreis.

Eine andere, rein elektrische Kompensation[5]) wirkt direkt im Photozellenkreis, indem über einen Frequenzverdoppler und einen Phasenschieber eine Abzweigung des Wechselstromes an die Kathode der Photozelle gelegt ist (vgl. Bild 2), so daß der Photostrom einmal durch die vom Film beeinflußte und die Störfrequenzen enthaltende Lichtschwankung und anderseits durch die phasenverschobene, frequenzverdoppelte Kompensationsspannung moduliert wird, so daß die Störfrequenzen ausgeglichen werden.

Ganz allgemein[6])[7])[8]) wird vielfach von dem Mittel der Frequenzerhöhung des Tonlampenstromes Gebrauch gemacht, da infolge der Wärmeträgheit des Glühkörpers das von ihm ausgestrahlte Licht raschen Schwankungen nicht mehr folgt, so daß auch bei Tonlampen dann annähernd die gleiche Wirkung wie bei Gleichstrom erzielt wird. Wenn dabei besondere Gleichrichterschaltungen angewandt werden, so ergibt sich freilich keine wesentliche Vereinfachung gegenüber gleichgerichtetem und zusätzlich geglättetem Strom. Bemerkenswert sind insbesondere die Vorschläge, einen hochfrequenten Heizstrom für die Tonlampe einem üblichen Rundfunkempfänger zu entnehmen, der z. B. in den Vorstellungspausen zur Rundfunkübertragung benutzt wird, oder die Speisung der Tonlampe mit einem gleichzeitig den Photozellenkreis speisenden Hochfrequenzerzeuger vorzunehmen.

Schließlich benutzt man auch eine indirekte Heizung des Glühkörpers, um die Wechselstromstörungen zu beseitigen. Zusätzlich benutzt man z. B. diese Maßnahme[9]) bei mehreren mit Mehrphasenströmen beheizten Glühfäden, indem diese konzentrisch zu einem keramischen Glühkörper oder zu einem Wolframkörper angeordnet sind, wobei entweder — Zusatzkörper, von den Glühfäden umgeben (Bild 3) — sowohl die direkte als auch die indirekte Lichtstrahlung oder — Glühfäden, von einem Wolframzylinder umgeben — ausschließlich die indirekt beheizte Fläche ausgenutzt wird. Das letztere ist auch bei einer mit Bogenentladung und Elektronenbombardement arbeitenden gasgefüllten Lampe[10]) der Fall, bei der der indirekt beheizte Glühkörper von einem lichtundurchlässigen und nur mit einem schmalen Durchlaßspalt versehenen Abschirmzylinder umgeben ist (vgl. Bild 4), wodurch zugleich störende Einflüsse des Bogenlichtes in der Gasstrecke ausgeschaltet werden. Da hier zusätzlich zur Wechselstromheizung eine Batterie zur Erzeugung einer negativen Vorspannung verwendet wird, ist keine wesentliche Vereinfachung mehr festzustellen.

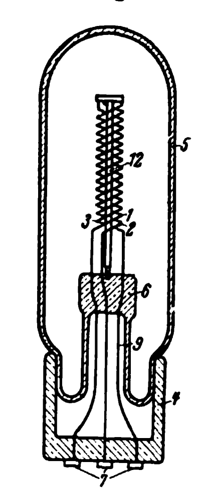
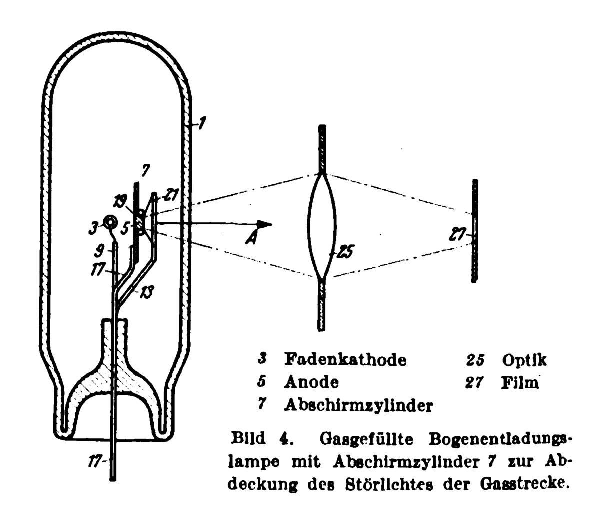


Bild 3. Indirekt beheizter Strahler im Innern einer Dreiwendellampe.

In diesem Zusammenhang sei schließlich noch der Vorschlag[11]) erwähnt, ganz auf eine besondere Tonlampe zu verzichten und den Glühfaden einer Verstärkerröhre als Lichtquelle zu benutzen, wobei gegebenenfalls gleichfalls eine indirekte Beheizung der Kathode vorgesehen ist. Besonders für transportable Tonaufzeichnungsgeräte dürfte die hierdurch erzielbare Vereinfachung des ganzen Aufbaus wertvoll sein, wenn auch vielleicht im allgemeinen die Lichtintensität nicht ausreichen dürfte.



3 Fadenkathode *5* Anode *7* Abschirmzylinder *25* Optik *27* Film

Bild 4. Gasgefüllte Bogenentladungslampe mit Abschirmzylinder *7* zur Abdeckung des Störlichtes der Gasstrecke.

Anordnungen zur Erzielung einer räumlichen Konstanz

Bei linearen Glühfäden treten Ungleichmäßigkeiten einmal durch Durchhängen bzw. Durchbiegen des Glühfadens auf, anderseits ebenso wie bei Wendeln dadurch, daß die Enden kälter als die Mitte des Glühkörpers sind. Die einfachste, seit langem bekannte Abhilfe besteht darin, die Enden der Glühkörper durch lichtundurchlässige Masken abzudecken, also nur die Mitte des Glühkörpers auszunutzen[12]), was jedoch eine Verschlechterung des

3) Brit. Patent 440 114.
4) DRP. 633 089.
5) Amer. Patent 2 169 405.
6) Amer. Patent 2 064 593.
7) Amer. Patent 2 129 227.
8) DRP. 632 958.
9) Amer. Patent 1 924 058.
10) DRP. 675 084.
11) DRP. 617 979.
12) Brit. Patent 403 111.

Wirkungsgrades bzw. eine Herabsetzung der ausgenutzten Intensität bedeutet. Man hat daher auch[13]) diffuse, mit einem schmalen Durchlaßspalt versehene Reflektoren um die Glühkörper angeordnet (vgl. Bild 5) oder auch[14]) zur vollen Ausnutzung der Glühfläche deren Querschnitt an den Enden gegenüber der Mitte so verkleinert, daß die Enden entsprechend stärker geheizt werden. Ferner hat man auch eine zusätzliche indirekte Heizung[14]) ange-

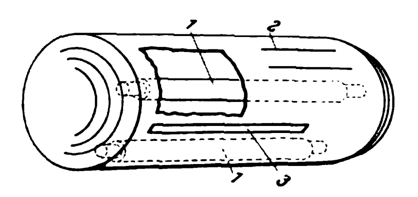


Bild 5. Erzielen einer gleichmäßigen Lichtausstrahlung mehrerer Glühkörper *1* durch diffusen Reflektor *2* mit schmalem Durchlaßspalt *3*.

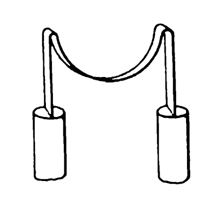


Bild 6. Zusätzliche Beheizung der kalten Enden eines Glühbandes durch Durchbiegung.

wandt, indem die Zuführungsbänder an den eigentlichen Glühkörper so angebogen werden, daß durch die von ihnen ausgestrahlte Wärme eine zusätzliche Beheizung der kälteren Enden erfolgt (vgl. Bild 6), oder indem man die bereits oben für Wechselstromlampen zur Brummbeseitigung erwähnten indirekt beheizten keramischen Körper oder dgl. benutzt.

Bei Wendellampen tritt eine ungleichmäßige Spaltausleuchtung auch dadurch ein, daß an einzelnen Stellen die inneren Wendelflächen zwischen den äußeren Wendelflächen durchscheinen, an anderen dagegen verdeckt sind. Diese Ungleichmäßigkeit wird durch eine Krümmung der ganzen Wendel im Verhältnis zum Spalt um ganz bestimmte Winkelbeträge ausgeglichen. Eine besonders gleichmäßige und rationelle Spaltausleuchtung soll schließlich[14]) dadurch erreicht werden, daß die Achse der Wendel nicht, wie üblich, parallel zum Spalt, d. h. zu seiner Längsrichtung, sondern senkrecht dazu angeordnet ist (vgl. Bild 7).

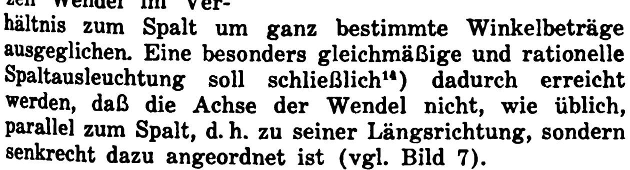


Bild 8. Tonlampengehäuse *1* mit angebauter Spaltoptik *2* mit in verstellbarem Halter *3* einschiebbarem Zylinderansatz *4*. Der Halter *3* wird mit einem Ansatz *5* des Tonfilmgerätes verschraubt.

Justier- und Auswechselvorrichtungen

Bei der Wiedergabe ist es schließlich notwendig, daß die Glühfläche der Tonlampe genau zum Spalt bzw. zur Optik justiert ist. Trotz größter Präzision in der Herstellung sind aber geringe Abweichungen unvermeidbar, und die Benutzung massiver gedrehter Lampensockel oder eine über das normale Maß hinausgehende Einengung der zulässigen Toleranzen der Lampenmaße würde eine erhebliche Verteuerung der Tonlampen bedeuten. Man hat daher vorgezogen[15]), Lampen mit normalem Sockel in Präzisionsausführung zu verwenden und die letzte Feinjustierung in einem besonderen, immer wieder verwendbaren Justiersockel vorzunehmen. Dabei wird über den Lampensockel ein Zwischenring geschoben und dann mit Hilfe von drei Schrauben eine genaue Justierung des Fadensystems in dem Justiersockel vorgenommen, wozu eine besondere, mit zwei Mattscheiben versehene zylindrische Justiervorrichtung dient, die über die Fassung geschoben wird, wobei auf den Mattscheiben die Abbildungen des Glühfadens in zwei Richtungen erscheinen.

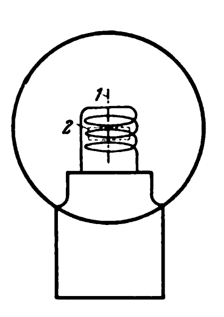


Bild 7. Wendelachse *1* senkrecht zum Spalt *2*.

Tonlampengehäuse mit angebauter Spaltoptik, wie sie vielfach verwendet werden, werden zwecks einfacher Justierung so ausgebildet[16]), daß das ganze Lampengehäuse in einen gegenüber dem Tonfilmgerät verstellbaren Halter einschiebbar ist (vgl. Bild 8). Das Gehäuse besitzt einen zylindrischen Ansatz, während der Halter als innen glattes, außen mit Gewinde versehenes Rohrstück ausgebildet ist. Mit diesem Gewinde wird das Rohrstück mit dem Tonfilmgerät verschraubt, wobei durch Drehung des Rohrstückes der mit dem Lampengehäuse fest verbundenen Optik die richtige Lage erteilt wird und somit Toleranzunterschiede ausgeglichen werden. Die Tonlampe selbst hat vorteilhaft dabei einen glatten zylindrischen Sockel, so daß sie leicht herausnehmbar ist.

Um bei Durchbrennen einer Lampe den Betrieb ohne längere Unterbrechung und ohne eine Neujustierung, die selbst bei einfachster Justiervorrichtung für den Vorführer eine Fehlerquelle bedeutet, fortsetzen zu können, hat man schließlich gleich mehrere Lampen in das Gerät eingebaut, wobei man beim Ausfall einer Lampe entweder eine optische Umschaltung durch Spiegel vornimmt oder eine einfache mechanische Drehung eines Revolversockels[17]), auf dem mehrere Lampen richtig justiert angeordnet sind.

Zusammenfassung

Zur Beseitigung des Brummens bei wechselstromgeheizten Tonlampen werden einmal Speziallampen verwendet, ferner Normallampen in besonderen elektrischen Kompensationsschaltungen. Besonders wird von einer indirekten Beheizung des Glühkörpers Gebrauch gemacht; diese Art der Heizung sowie Krümmung der Wendel und besondere Stellung zum Spalt werden auch benutzt, um über die ganze Glühkörperfläche eine gleichmäßige Lichtausstrahlung zu erzielen. Durch vielseitig verwendbare und einfach bedienbare Justiervorrichtung sucht man die Güte der Vorführung von der Geschicklichkeit des Vorführpersonals unabhängig zu machen.

[13]) DRP. 621 267.
[14]) Franz. Patent 834 905.
[15]) Bild u. Ton, Nr. 7 (1934) S. 6.
[16]) Schweiz. Patent 200 109.
[17]) Amer. Patent 2 111 807.

Vorschriften, Regeln und Normen für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial bis 750 V Nennspannung

DK 621.315.6(083.133.1)

VDE 0610 g/XII.40

8. Änderung der ab 1. Juli 1928 gültigen Fassung

Gültig ab 1. Februar 1941[1])

§ 25

Ausschaltleistung

Abb. 6 wird entsprechend ETZ 59 (1938) H. 47, S. 1269 geändert.

§ 33

Steckdosen

Regel 5 erhält folgenden Wortlaut:

5. Für Schmelzeinsätze in Steckvorrichtungen gilt DIN VDE 9398.

Hinter der Überschrift von Abschnitt III. D. „Sicherungen mit geschlossenem Schmelzeinsatz" wird vor § 46 folgender Wortlaut eingeschoben:

(§§ 46 bis 53 gelten ab 1. Juli 1941 nur noch für Sicherungen über 500 V, für Sicherungen für 500 V gilt dann allein VDE 0635 „Vorschriften für Leitungsschutzsicherungen mit geschlossenem Schmelzeinsatz 500 V bis 200 A"[2]).

§ 46

Stromstärke, Spannung, Edisongewinde (bei Sicherungen)

Vorschrift a) erhält folgenden Wortlaut:

a) Die geringste zulässige Nennspannung für Sicherungen ist 500 V, mit Ausnahme von Schmelzeinsätzen für Steckvorrichtungen nach DIN VDE 9401, 9402 und 9403, für die 250 V zulässig sind.

Regel 10 erhält folgenden Wortlaut:

10. Für Schmelzeinsätze in Steckvorrichtungen gilt DIN VDE 9398.

§ 54

Sicherungen für Steckdosen

Vorschrift a) erhält folgenden Wortlaut:

a) Schmelzeinsätze nach DIN VDE 9398 sind folgendermaßen zu prüfen: (weiterer Text wie bisher).

1) Genehmigt durch den Vorsitzenden des VDE im Dezember 1940.
2) Vgl. ETZ 60 (1939) S. 911 und 61 (1940) S. 71.

§ 89

Isolierrohr mit gefalztem Mantel

Unter der Überschrift dieses Paragraphen wird folgender Wortlaut eingefügt:

[Dieser Paragraph wurde ab 1. Januar 1940 für Isolierrohre durch VDE 0605 „Vorschriften für Installationsrohre für elektrische Anlagen" ersetzt[3]). Die Vorschriften c), e) und f) gelten nach § 90a) auch weiterhin für Abzweigdosen.]

Dementsprechend werden die Vorschriften a), b), c) 3. Abs. und d) gestrichen.

Vorschrift c) wird im Hinblick auf § 90a) wie folgt geändert:

c) Die Papierauskleidung muß so getränkt sein, daß sich beim Abwickeln im Innern keine unimprägnierten Stellen vorfinden.

Wird eine gebrauchsfähige Abzweigdose 10 min lang bei 70° erwärmt, so dürfen sich an der Innenwand keine Tropfen infolge Ausschwitzens von Imprägniermasse zeigen. Es ist festzustellen, ob sich die innere Papierlage während des Erwärmungsversuches losschält oder die lichte Weite der Dose sonst verändert hat.

Im 6. Satz des zweiten Absatzes der Vorschrift e) werden die Wörter „ohne Falz" gestrichen.

Im 8. Satz werden die Wörter „des Bandes" durch „des Mantelstückes" ersetzt.

Der 1. Satz des dritten Absatzes wird wie folgt geändert:

Das mit Aluminium überzogene Mantelstück wird auf der Innenseite mit einem geeigneten Schutzanstrich versehen.

In der Vorschrift f) wird das Wort „Rohrstück" jeweils durch „Mantelstück" ersetzt.

§ 92

Stahlpanzerrohre

Unter die Überschrift wird folgender Wortlaut eingefügt: (Dieser Paragraph wurde ab 1. Januar 1940 durch VDE 0605 ersetzt[3]).

Der Wortlaut des Paragraphen wird gestrichen.

3) Vgl. ETZ 60 (1939) S. 791.

Empfindlicher Erdschlußschutz für Leitungen in Strahlennetzen

DK 621.316.9

Der Aufsatz schildert einen empfindlichen Erdschlußschutz für Leitungen in Strahlennetzen, der beim Auftreten von Erdschlüssen die fehlerhafte Leitung sofort abschaltet.[1]) Es werden zunächst die Erdschlußverhältnisse bei verschiedenen Netzarten (Dreileiter-, Vierleiter-Netz) dargelegt.

In Netzen mit geerdetem Sternpunkt ist bei niedrigeren Betriebsspannungen der Erdschlußstrom im wesentlichen vom Übergangswiderstand und weniger von der Lage der Erdschlußstellen abhängig. Es wurden Versuche gemacht mit Erdschlüssen in verschiedenen Erdverhältnissen. Der Strom schwankte bei 4 kV zwischen 0,3 (Sand) bis 30 A (Sumpf). In trockenem Sand, wo es mehrere Monate nicht geregnet hatte, war kein Erdschlußstrom zu messen.

Bei Netzen mit über Impedanzen geerdetem Sternpunkt schwankt der Erdschlußstrom bei 11 kV zwischen 2 (Wiese) bis 35 A (fest geerdet). Hierbei wurde in einigen Fällen beobachtet, daß in trockenen Stoppelfeldern bei geringer Spannung kein Strom floß, dagegen von einer bestimmten Höhe der Spannung ab plötzlich ein Durchschlag erfolgte und ein wesentlicher Erdschlußstrom fließen konnte. Diese kritische Spannung liegt etwa zwischen 11 und 22 kV.

Für nicht geerdete Dreileiter-Netze wird ein Nullspannungsrelais vorgeschlagen, das bei 2,3 kV eine Ansprechspannung von 30 V hat. Dieser Schutz war zunächst zu empfindlich, da er auch bei Nebel und vorübergehenden Berührungen mit Blattwerk ansprach. Höhere Einstellung des Relais verbesserte die Verhältnisse wohl etwas, half aber noch nicht vollständig, da wegen der Kürze der Leitungen der Sternpunkt des Netzes nicht genügend stabilisiert war. Es wurden daher zusätzliche Kapazitäten am Ende der Leitung vorgesehen (bei 2,3 kV und 60 Hz 5 kVA).

Derselbe Schutz kann auch in Vierleiter-Netzen vorgesehen werden, wenn auch der vierte Leiter nicht geerdet wird.

Wird verlangt, daß bei einem Erdschluß in einer Leitung nur die fehlerhafte Leitung ausgelöst wird, so muß statt dieses Schutzes ein richtungsempfindlicher Schutz vorgesehen werden. Ein solches Richtungsrelais wird beschrieben, wobei die Richtungsfeststellung immer einwandfrei vor der Auslösung erfolgt. Um übliche Richtungsrelais verwenden zu können, wurde auf der Sekundärseite des Sternpunktumspanners ein Stromwandler vorgesehen, der auf etwa 5 A übersetzt und an den die Stromwicklung des Relais angeschlossen wird. Der Summenstrom der Hauptstromwandler wird der Spannungsspule des Relais zugeführt, wobei zur Erhöhung der Empfindlichkeit ein Kondensator in den Stromkreis geschaltet wurde.

In Vierleiter-Netzen (vierter Leiter nicht geerdet) wird der im vierten Leiter fließende Laststrom ausgeglichen, indem auch in den vierten Leiter ein Stromwandler eingebaut und in die Summenbildung einbezogen wird. Die Empfindlichkeit dieser Schutzanordnungen ist etwa 1% des Primärnennstromes der Stromwandler.

Verschiedene ausgeführte Beispiele werden angegeben. In einigen Fällen erfolgten Auslösungen, obwohl mit Niederspannungsgeräten ein hoher Isolationswiderstand gemessen war.

Ttz.

1) L. F. Hunt u. J. H. Vivian, Electr. Engng. 59 (1940) Transactions S. 84; 4 S., 7 B., Disk. 3 S.



FÜR DEN JUNGEN INGENIEUR

Entwurf elektrischer Fernleitungen

Von F. Niethammer VDE, Prag

DK 621.315.1.001.1

Übersicht. Vor über einem Jahrzehnt wurden vom Verfasser in einer Reihe von Aufsätzen[1]) Grundlagen und Fortschritte im Entwurf elektrischer Maschinen, Umspanner, Geräte und Anlagen übersichtlich zusammengestellt. In ähnlicher Weise wird hier eine Anleitung zum ersten Entwurf von Fernleitungen gegeben, so daß auch Anfänger rasch zu praktisch brauchbaren Ergebnissen gelangen, die dann zu einer genauen wissenschaftlichen Nachrechnung benutzt werden können.

Dem Anfänger bereitet es häufig Schwierigkeiten, für einen Neuentwurf elektrischer Maschinen und Geräte die Hauptabmessungen zu finden. Für diesen ersten Entwurf elektrischer Maschinen hat man deshalb Ausdrücke für N/n und $N n$ in Abhängigkeit der wesentlichen Abmessungen und Beanspruchungen aufgestellt, wobei N die Nennleistung in kVA und n die Nenndrehzahl in U/min ist. In den angegebenen Aufsätzen sind diese Unterlagen für alle Arten elektrischer Maschinen und Umspanner wiedergegeben; aus den Ausdrücken für $N n$ ergeben sich die wichtigen Grenzleistungen.

Eine ähnliche Zusammenstellung für den Entwurf elektrischer Apparate gibt es noch nicht. Will man z. B. einen dreiphasigen Hochspannungsölschalter entwerfen, so macht man, ohne zunächst auf den verwickelten Schaltvorgang einzugehen, den Schalthub bei doppelter Unterbrechung je Leitung (Phase) etwa 1 bis 2 cm je kV verkettete Spannung, und die stromführenden Kontaktflächen erhält man aus einer Stromdichte von etwa 5 A/cm². Der Abstand der Kontakte voneinander und von der Kesselwand kann etwa gleich dem Schalthub gemacht werden. Über den Entwurf von Hubmagneten wurde an anderer Stelle[2]) berichtet.

Die Aufgabe der elektrischen Kraftübertragung auf größere Entfernungen stellt sich im allgemeinen so, daß am Ende einer $x = l$ km langen Drehstrom-Fernleitung eine Scheinleistung von N kVA bei einem bestimmten Leistungsfaktor $\cos\varphi$ und einer Nennfrequenz f (meist 50) vorgeschrieben ist. Die Leitung ist betriebssicher und wirtschaftlich zu entwerfen. Ist U die noch zu bestimmende verkettete Spannung am Leitungsende, so ist der Strom am Leitungsende an der Stelle $x = 0$ in A

$$I = \frac{1000\,N}{\sqrt{3}\,U\cos\varphi}, \tag{1}$$

also um so größer, je niedriger der Leistungsfaktor $\cos\varphi$ ist. Da mit dem Strom I der Leiterquerschnitt q und damit die Kosten wachsen, wird man in allen wichtigen Fällen bei der Nennleistung N den Leistungsfaktor $\cos\varphi$ etwa gleich 1 machen, was durch Aufstellen von Phasenschiebern in Form von Synchronkondensatoren (leerlaufenden Synchronmaschinen) oder statischen Kondensatoren und Drosseln am Leitungsende geschieht. Bei Leitungslängen $l \geqq 1000$ km, wobei die Änderung des $\cos\varphi$ längs der Leitung bedeutend wird, kann es zweckmäßig sein, auch an einigen Stellen längs der Leitung Phasenschieber einzufügen.

1) Elektrotechn. u. Masch.-Bau 45 (1927) S. 345, 589, 611; 46 (1928) S. 1; 47 (1928) S. 1, 246, 233, 433; 48 (1910) S. 1047; 49 (1931) S. 108, 261, 925; 50 (1932) S. 425; Z. VDI 72 (1928) 129, 202, 703, 906; 73 (1929) S. 209, 956, 1098; 74 (1930) S. 1193, 1468; 75 (1931) S. 289; 76 (1932) S. 601, 717.

2) Elektrotechn. u. Masch.-Bau 58 (1940) S. 100.

a) Abhängigkeit der Spannung von der Leistung

Aus der elektrischen Leitungstheorie folgt, daß man auf einer langen Leitung besonders günstige Verhältnisse erhält, wenn man sie mit der natürlichen Leistung [s. Gl. (3) und (4)] belastet. Dann ist auch der Wirkungsgrad η der Leitung besonders hoch, nämlich

$$\eta = e^{-2\beta x} \approx (1 - 2\beta x), \tag{2}$$

wenn e die Basis der natürlichen Logarithmen, x die Leitungslänge in km und β die Dämpfungszahl ist. Es ist genügend genau $\beta = R/2Z$, wenn R der Wirkwiderstand je km und $x R = R_x$ sowie $Z = \sqrt{L/C}$ der Wellenwiderstand mit L als Selbstinduktivität je km und C als Kapazität je km ist. Man kann dann den Wirkungsgrad einfach setzen

$$\eta = e^{-\frac{R_x}{Z}} \approx \left(1 - \frac{R_x}{Z}\right). \tag{2a}$$

Allgemein gilt

$$R_x = \varrho\,\frac{x\,10^3}{q},$$

wenn q der Leiterquerschnitt in mm² und ϱ die Widerstandszahl in Ω je m und mm² ist. Für Kupfer ist $\varrho = 0{,}018$, für Aluminium 0,03. Z ist für Freileitungen etwa 400 Ω. Damit wird für Kupferseile

$$\eta = e^{-0{,}045\,\frac{x}{q}} \approx \left(1 - 0{,}045\,\frac{x}{q}\right). \tag{2b}$$

Bei Kabeln ist Z kleiner, nämlich etwa 40 Ω, an Stelle von 0,045 tritt der Wert 0,45; bei Kabeln ist also der beste Wirkungsgrad schlechter.

Die natürliche Belastung ist dadurch gekennzeichnet, daß

$$\frac{U/\sqrt{3}}{I} = Z \tag{3}$$

ist. Da

$$1000\,N = \sqrt{3}\,U\,I \tag{4}$$

ist, so folgt aus Gl. (3) und (4) für die zu wählende verkettete Spannung U am Leitungsende

$$U = \sqrt{1000\,N Z}\ \text{in V} \tag{5}$$

oder

$$U = \sqrt{\frac{N Z}{1000}}\ \text{in kV}. \tag{5a}$$

Für Freileitungen wird beiläufig

$$U = 0{,}63\,\sqrt{N} \tag{5b}$$

und für Kabel

$$U = 0{,}20\,\sqrt{N}. \tag{5c}$$

Dabei ist N die Leistung in kVA am Verbraucherende der Leitung.

Für $N = 250\,000$ kVA folgt aus Gl. (5b) der Wert $U = 315$ kV.

Die erforderliche Spannung U ist demnach nur von der zu übertragenden Leistung abhängig, aber von der Leitungslänge unabhängig.

Man wird U auf die vom VDE festgelegten Nennspannungen von 30, 45, 60, 80, 100, 150, 200, 300, 400 kV abrunden.

Die Spannung U_x am Leitungsanfang ist im Falle der natürlichen Belastung

$$U_x = U\,e^{\beta x}, \qquad (6)$$

wobei die Dämpfungszahl β wie oben berechnet wird. Auch der Strom I_x am Leitungsanfang ist

$$I_x = I\,e^{\beta x}. \qquad (6a)$$

b) Abhängigkeit der Spannung von der Leitungslänge

Ist für eine Fernleitung der Wirkungsgrad η in % oder der Verlust $\varepsilon = (100 - \eta)$ in % in der Leitung vorgeschrieben, so ist damit die zu wählende Spannung U bestimmt. Vernachlässigt man die dielektrischen, die Isolations-, Sprüh- und Wirbelstromverluste im Bleimantel und in der Kabelarmatur, so bleiben nur die Kupferverluste $I^2 R_x$ je Leitung (Phase) übrig. Es ist dann für eine Dreiphasenleitung

$$\frac{3\,I^2 R_x}{\sqrt{3}\,U\,I\cos\varphi + 3\,I^2 R_x} = \frac{\varepsilon}{100}, \qquad (7)$$

wobei für den Strom I und die Spannung U in erster Annäherung die Werte am Leitungsende eingesetzt werden; $\cos\varphi$ macht man möglichst 1. Genauer ist es, bei Berechnung von $3\,I^2 R_x$ den effektiven Mittelwert I_e des Stromes längs der Leitung[3]) zu benutzen, als Bezugsleistung im Nenner von Gl. (7) die Leistung am Leitungsanfang, der Generatorseite. Diese genauen Werte lassen sich nur aus der Leitungstheorie ermitteln, siehe auch Gl. (6) und (6a).

Geht man von Gl. (7) mit $\cos\varphi = 1$ aus, und setzt man für eine Leitung von l km Länge

$$R_x = \varrho\,\frac{1000\,l}{q}$$

und $I = \mathfrak{i}\,q$, wenn $\mathfrak{i}$ die Stromdichte in A/mm² ist, so ergibt sich die gesuchte verkettete Spannung U in kV

$$U = \sqrt{3}\,\varrho\,j\left(\frac{100}{\varepsilon} - 1\right) l. \qquad (8)$$

Für die Stromdichte $\mathfrak{i}$ wählt man am besten die unter e) ermittelte wirtschaftliche Stromdichte. Für eine Kupferleitung ist $\varrho = 0{,}018$, $\mathfrak{i} = 0{,}5$ bis 1,5 A/mm², und ε liegt zwischen 5 und 20 %; für $\mathfrak{i} = 1$ A/mm² und $\varepsilon = 10$ % ist dann bei Kupfer

$$U \approx 0{,}3\,l. \qquad (8a)$$

Für Aluminium mit $\varrho = 0{,}030$ ist $\mathfrak{i}$ etwa 80 % des Wertes bei Kupfer, also

$$U \approx 0{,}4\,l. \qquad (8b)$$

Aus Gl. (8a) folgt für $l = 750$ km der Wert $U = 225$ kV. Nach diesen Ausdrücken ist die Spannung von der Leistung unabhängig und nur von der Leitungslänge abhängig.

c) Spannungsabhängigkeit von Leistung und Leitungslänge

Da die Spannung tatsächlich sowohl mit wachsender Leistung N wie mit zunehmender Leitungslänge l wachsen sollte, ist versucht worden, zur Berechnung der zu wählenden Spannung U den Ausdruck (5b) mit (8a) zu verbinden, etwa in der Form

$$U = 0{,}3\,(\sqrt{N} + 0{,}5\,l). \qquad (9)$$

Für $N = 250\,000$ kVA und $l = 750$ km folgt aus Gl. (9) der Wert $U = 263$ kV. Im amerikanischen Schrifttum findet man einen Ausdruck von der Form

$$U = 0{,}55\,\sqrt{N + 60\,l}. \qquad (9a)$$

Für $N = 250\,000$ kVA und $l = 750$ km folgt aus Gl. (9a) der Wert $U = 299$ kV.

[3]) I_e ist in ETZ 60 (1939) S. 530 ausgerechnet.

Die im vorstehenden abgeleitete Abhängigkeit der Spannung U von der Leitungslänge l und von den Verlusten fällt natürlich nicht mit der unter a) aus der natürlichen Leistung bestimmten Spannung U zusammen. Hat man aus Gl. (5a) die Spannung U entsprechend der natürlichen Leistung bestimmt, so ergibt sich zwangläufig der Leitungsverlust ε aus der Beziehung (2), da ja $\varepsilon = (1 - \eta)$ ist, näherungsweise aus Gl. (2a) und (2b) zu

$$\varepsilon = \frac{R_x}{Z} = 0{,}045\,\frac{l}{q}. \qquad (9c)$$

Man kann dann die Verluste nicht mehr frei wählen. Nur der Querschnitt q ist noch wählbar, und zwar müßte man zu einem vorgeschriebenen ε den Querschnitt in Kupfer wählen zu

$$q = \frac{0{,}045\,l}{\varepsilon}. \qquad (9d)$$

d) Stabilität von Übertragungsleitungen

Viel wichtiger ist es aber bei großen Entfernungen, die Stabilitätsgrenze der Leitung nachzurechnen, die von der Länge abhängt. Es gibt für jede Leitungslänge eine Höchst- oder Kippleistung N_m oder eine Grenzentfernung x_m, die man wegen der Stabilität nicht überschreiten kann. Es wurde deshalb zu jeder Leitungslänge $x = l = a$ diese Höchstleistung N_m (dreiphasig) für den Fall einer konstanten Spannung U_x am Leitungsanfang ausgerechnet[4]), nämlich für $f \geqq 50$ Hz und $R : \omega L < 0{,}4$, wenn N überall in Watt und U in Volt eingesetzt wird. Dann ist

$$N_m = \frac{U_x^2 : 4\,R\,x}{\left(\frac{\mathfrak{Sin}\,\beta x}{\beta x} + \frac{\sin 2\,\alpha x}{2\,\alpha x}\right) : 2}, \qquad (9e)$$

worin $\beta \approx \frac{R}{2\sqrt{L/C}}$ und $\alpha = \omega\sqrt{LC}$ mit $\omega = 2\pi f$ und häufig

$$\frac{\mathfrak{Sin}\,\beta x}{\beta x} = 1$$

ist. Bei kleinen Frequenzen wird $N_m' = \frac{U_x^2}{4\,R\,x}$ und bei sehr großen $N_m'' = \frac{U_x^2}{2\,R\,x}$; bei den später erwähnten Halbwellenleitungen erhält man noch etwas größere Werte als den zuletzt angegebenen. Die Grenzentfernung x_m ist also jedenfalls $> U_x^2/4\,R\,N$, wenn N die Nennleistung ist. Setzt man in Gl. (9e) die vorgeschriebene Leitungslänge $l = x$ ein, und erhält man daraus N_m kleiner als die vorgeschriebene Nennleistung N, so muß man die Spannung U_x erhöhen. Wählt man als Nennleistung die natürliche Leistung N_n, so erhält man in den praktischen Fällen in der Regel große Werte für die Grenzentfernung x_m. Da $N_n = U_x^2/Z$ und mindestens

$$N_m = \frac{U_x^2}{4\,R\,x}$$

ist, so ist mit $N_n = N_m$ bei natürlicher Leistung mindestens

$$x_m = \frac{Z}{4\,R}.$$

Bei $Z = 400\,\Omega$ und $R = 0{,}045\,\Omega$ bei einem Leiterquerschnitt $q = 400$ mm² ist mindestens $x_m = 2200$ km, bei gewissen Frequenzen sogar 4400 km und darüber. In allen bei den Gl. (5b), (8a), (9), (9a), (15b) und (17a) berechneten Beispielen ist die Stabilität nach Gl. (9e) eingehalten.

Diese Verhältnisse gelten nur bei ganz starrer Spannung U_x auf der Generatorseite, also bei reichlich großen, harten Generatoren mit kleiner Ankerrückwirkung und geringer Ankerstreuung, die mit rasch folgenden Erregerkreisen, schnell wirkenden Selbstreglern, also Stoßerregung, womöglich mit Kompoundierung ausgerüstet

[4]) Elektrotechn. u. Masch.-Bau 51 (1933) S. 153.

sind. Die Höchst- oder Kippleistung der Leitung wird natürlich durch die Eigenschaften der Generatorseite beeinflußt. A. Leonhard[5]) hat nachgewiesen, daß bei Synchronmaschinen die Grenzentfernung x_m folgt aus

$$x_m \operatorname{tg} \alpha = \frac{Z}{X_k},$$

wobei $\alpha = \omega \sqrt{L C}$, ferner Z der Wellenwiderstand und X_k die Gesamtreaktanz der induzierten Generatorwicklung (gesamte Kurzschlußreaktanz) samt Transformator bedeutet. x_m wird also um so größer, je kleiner die Ankerrückwirkung und die Streuung ist.

Bei $Z = 400\,\Omega$, $X_k = 100\,\Omega$ und $\alpha = 3 \cdot 10^{-4}$ für $f = 50$ wird $x_m = 4400$ km.

e) Ermittlung des wirtschaftlichen Leiterquerschnittes

Den erforderlichen Leiterquerschnitt q ermittelt man aus der wirtschaftlichen Stromdichte $\mathfrak{i}$, da $q = I : \mathfrak{i}$ ist und I aus Gl. (1) folgt, wenn U aus Abschnitt a) bis c) ermittelt ist.

Nach der Kelvinschen Regel ist es am wirtschaftlichsten, die festen Kosten F, den Kapitaldienst im Jahr, gleich den beweglichen Kosten B, den Kosten der Jahresverluste, zu machen. Die festen Kosten F, soweit sie sich auf den veränderlichen Querschnitt q beziehen, sind

$$F = 3 \frac{\zeta}{100} G k = 3 \frac{\zeta}{100} \frac{q}{10^4} l \, 10^4 \gamma k, \qquad (10)$$

wobei ζ % an Zins, Abschreibung, Tilgung und Instandhaltung erforderlich sind. $3\,G$ ist das Gewicht der drei Leiter, k der Preis je kg Kupfer oder Aluminium mit einem gewissen Zuschlag und γ das spezifische Gewicht in kg/dm³.

Ist die Leitung im quadratischen Mittel mit dem effektiven Strom I während t Stunden im Jahr belastet, so sind die Kosten der jährlichen Leitungsverluste

$$B = \frac{3 I^2 R_x}{1000} t c = \frac{3 j^2 q^2}{1000} \varrho \frac{l\,1000}{q} t c, \qquad (11)$$

wobei c die Selbstkosten je kWh sind.

Setzt man $F = B$, so folgt aus den Gl. (10) und (11) für die wirtschaftliche Stromdichte

$$\mathfrak{i} = \sqrt{\frac{\gamma}{100\,\varrho}} \sqrt{\frac{\zeta k}{c t}}. \qquad (12)$$

Für Kupfer ist $\varrho = 0{,}018$ je m und mm² und $\gamma = 8{,}9$ kg/dm³, also

$$\mathfrak{i} = 2{,}25 \sqrt{\frac{\zeta k}{c t}}. \qquad (12\text{a})$$

Für Aluminium ist $\varrho = 0{,}030\,\Omega$ je m und mm² und $\gamma = 2{,}7$ kg/dm³, also

$$\mathfrak{i} = 0{,}965 \sqrt{\frac{\zeta k}{c t}}. \qquad (12\text{b})$$

Ist die Leitung während $t = 8760$ Stunden im Jahr, also dauernd belastet, so wird j in den beiden Fällen

$$\mathfrak{i} = 0{,}024 \sqrt{\frac{\zeta k}{c}} \qquad (12\text{c})$$

für Kupfer und

$$\mathfrak{i} = 0{,}01 \sqrt{\frac{\zeta k}{c}} \qquad (12\text{d})$$

für Aluminium. Nimmt man 6 % Zins, 3 % Abschreibung und 2% Instandhaltung an, also $\zeta = 11\%$, ferner $k = 1$ RM und $c = 0{,}02$ RM/kWh, so ergibt sich für Kupfer

$$\mathfrak{i} = 0{,}54 \text{ A/mm}^2.$$

Damit ist auch der effektive Leiterquerschnitt $q = I : \mathfrak{i}$ in mm² festgelegt, der als Seil oder Hohlseil ausgeführt wird. Wann Hohlseil verwendet wird, ist unter g) bei Sprühschutz angegeben.

[5]) Elektrotechn. u. Masch.-Bau 57 (1939) S. 77.

Diesen wirtschaftlichen Leiterquerschnitt prüft man namentlich bei Erdkabeln noch nach den VDE-Vorschriften auf Feuersicherheit und Übertemperatur und erhöht ihn, bis die zulässige Übertemperatur von $\vartheta = 25\,°$ erreicht oder unterschritten ist. Für blanke Leitungen werden im allgemeinen keine Erwärmungsvorschriften gemacht.

f) Prüfung der Wirtschaftlichkeit des Entwurfes

Es ist bekannt, daß man aus den Anlagekosten A der Leitung die wirtschaftlichste Spannung U in ähnlicher Weise ermitteln kann, wie dies für die wirtschaftliche Stromdichte geschehen ist. Bei genauer Nachrechnung wird es sich allerdings häufig zeigen, daß die Wahl der Spannung U aus der natürlichen Belastung nach Gl. (5 a) zweckmäßiger ist.

Man kann die Anlagekosten A einer Dreiphasenleitung in RM setzen

$$A = (a + b\,U + 3 k \gamma q)\, l \qquad (13)$$

oder

$$A = (a + b' U^2 + 3 k \gamma q)\, l. \qquad (13\text{a})$$

Dabei sind a, b und b' Konstanten, z. B. $a = 4000$ RM, $b = 200$ RM, $b' = 1$ RM. Man bildet nun die gesamten Jahreskosten K = Kapitalsdienst F + Verlustkosten B und bildet

$$\frac{\partial K}{\partial U} = 0.$$

Den Wert aus Gl. (11) von B kann man mit Gl. (1) umformen in

$$B = \left(\frac{N}{U}\right)^2 \varrho \frac{l}{q} t c, \qquad (11\text{a})$$

dann wird mit $F = A\,\zeta/100$ und Gl. (13)

$$\frac{\partial K}{\partial U} = \frac{\zeta}{100} b\,l - 2 \frac{N^2}{U^3} \varrho \frac{l}{q} t c = 0. \qquad (14)$$

Die wirtschaftliche verkettete Spannung in kV ist also

$$U = \sqrt{\frac{2 N^2 \varrho t c}{b q \frac{\zeta}{100}}}. \qquad (15)$$

Setzt man aus Gl. (12) den wirtschaftlichen Querschnitt q

$$q = \frac{I}{\mathfrak{i}} = \frac{\frac{N}{\sqrt{3}\,U}}{\mathfrak{i}} = \frac{N}{U} \sqrt{\frac{\varrho t c}{3 \gamma k \frac{\zeta}{100}}} \qquad (16)$$

in Gl. (15) ein, so wird die wirtschaftliche verkettete Spannung in kV

$$U = \sqrt{\frac{2 N}{b}} \sqrt[4]{\frac{3 \varrho t c \gamma k}{\frac{\zeta}{100}}}. \qquad (15\text{a})$$

Man kann natürlich den wirtschaftlichen Querschnitt q auch aus $\partial K / \partial q = 0$ bestimmen und bekommt ebenfalls den Ausdruck (16). Setzt man in Gl. (15 a) für Kupfer $\varrho = 0{,}018\,\Omega$ je m und mm², $t = 8000$ Stunden im Jahr, $c = 0{,}02$ RM je kWh, $\gamma = 8{,}9$ kg/dm³, $k = 1$ RM/kg, $\zeta = 11\%$ und $b = 200$ RM/km, so wird

$$U = 0{,}51 \sqrt{N}. \qquad (15\text{b})$$

Für $N = 250\,000$ kVA folgt aus Gl. (15 b) der Wert $U = 255$ kV.

Benutzt man dagegen für A den Ausdruck (13 a), so wird

$$U = \sqrt[3]{\frac{N}{b'}} \sqrt[3]{\frac{3 \varrho t c \gamma k}{\frac{\zeta}{100}}} \qquad (17)$$

und für Kupfer mit $b' = 1$

$$U = 2{,}9 \sqrt[3]{N}. \qquad (17\text{a})$$

Für $N = 250\,000$ kVA wird $U = 183$ kV.

g) Vermeiden der Sprühbedingung

Zur Bestimmung des Leiterabstandes D von Mitte zu Mitte (Bild 1) benutzt man bei Freileitungen die Forderung der Vermeidung des Sprühens oder der Corona. Der Leiterdurchmesser $2r$ ergibt sich aus $\pi r^2 = q'$, wobei

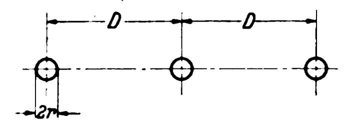


Bild 1. Bestimmung des Leiterabstandes einer Freileitung.

q' um 5 bis 10 % größer als q ist, weil der Leiter als Seil (Litze) ausgeführt wird. Die kritische verkettete Spannung U_k, bei der Sprühen beginnt, ist

$$U_k = \sqrt{3}\,\mathfrak{F}_k\, r \ln \frac{D}{r}\,. \tag{18}$$

Die Durchbruchfeldstärke $\mathfrak{F}_k$ in effektiven kV/cm ist nach Peek jr.

$$\mathfrak{F}_k = 21{,}2\,\delta\left(1 + \frac{0{,}301}{\sqrt{r\,\delta}}\right)\zeta_1\,\zeta_2, \tag{19}$$

wenn $\delta = \frac{298\,B}{(273+\vartheta)\,760}$ mit B als Barometerstand in Torr und ϑ die Temperatur in °C ist. Ferner ist $\zeta_1 = 1$ für gutes Wetter, $\zeta_1 = 0{,}8$ für schlechtes Wetter (Schneesturm), $\zeta_2 = 1$ für glatte, saubere Drähte, $\zeta_2 = 0{,}98$ bis 0,93 für rauhe Drähte und $\zeta_2 = 0{,}83$ bis 0,89 für Seile. Man wird für ζ_1 und ζ_2 in Gl. (19) die kleinsten Werte einsetzen. Man wählt D so groß, daß der nach Gl. (6) berechnete Wert

$$U_x < U_k$$

bleibt. Es gibt allerdings Fälle, wo die höchste Spannung nicht U_x am Leitungsanfang ist, sondern irgendwo zwischen Anfang und Ende. In der Regel wird man aber auskommen, wenn U_x etwa 20% kleiner als U_k gemacht wird.

Bei hoher Spannung und mäßiger Leistung wird häufig D bei vollen Leitern unzulässig groß. Man vergrößert dann den Leiterdurchmesser $2r$, indem man den Leiter als Hohlseil ausführt, wodurch nach Gl. (20) der Abstand D verringert wird.

Es sei $U_x = 240$ kV, $U_k = 300$ kV, ferner $q = 400\,\text{mm}^2$, $r = 2{,}1$ cm (Hohlseil), im ungünstigsten Falle $\mathfrak{F}_k = 14{,}1$ kV/cm. Dann wird nach Gl. (18) $\ln D/r \approx 5{,}9$ und $D = 360 \cdot r = 756$ cm oder 7,56 m.

h. Leiterabstand, Durchhang und Spannweite bei Freileitungen

In den VDE-Vorschriften wird der Leiterabstand D in empirischer Weise aus dem größten Durchhang e in m und der verketteten Spannung U in kV nach dem Ausdruck

$$D \geqq 0{,}75\sqrt{e} + \frac{U}{150} \text{ in m} \tag{20}$$

vorgeschrieben. Näherungsweise ist der Durchhang e, wenn die Leitung nach einer Parabel durchhängend angenommen wird,

$$e = \frac{a^2\,\gamma}{8\,\sigma} \text{ in cm,} \tag{21}$$

wenn a die Spannweite in cm, γ das spezifische Gewicht in kg/cm³, für Kupfer 0,0089, und σ die kleinste Beanspruchung im Sommer, bei Kupfer etwa $\sigma = 1000\,\text{kg/cm}^2$, ist. Zu γ kommen noch Zusatzlasten durch Rauhreif und Wind.

Bei einer Spannweite $a = 300$ m wird $e \approx 11$ m, und aus Gl. (20) mit $U = 240$ kV folgt $D \geqq 4{,}4$ m.

Die Spannweite a macht man bei Gittermasten 200 bis 500 m, bei Holzmasten 60 bis 120 m, bei Portalholzmasten auch höher. Für Eisenbetonmasten, insbesondere Portalmasten, kommt man an die bei Gittermasten üblichen Spannweiten heran. Beim Überbrücken von Tälern, Strömen und Meeresarmen kommen Spannweiten von 1 km und mehr vor, wobei besonders hohe Türme erforderlich werden; denn beim größten Durchhang[6]) muß noch freie Schiffahrt möglich sein.

Auch beim stärksten Sturm muß ein Zusammenschlagen der benachbarten Leitungsseile ausgeschlossen sein; aus dieser Forderung ergibt sich ebenfalls eine Grenze für den Leiterabstand D. Ist G das Seilgewicht je cm und W der Winddruck je cm, so ist der Ausschlagwinkel α des Seils (Bild 2) angenähert gegeben aus

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{W}{G} = \frac{\gamma_w}{\gamma}\,. \tag{22}$$

Für Kupfer ist $\gamma = 0{,}0089$ und γ_w eine dem Winddruck entsprechende spezifische Belastung, bei 150 m/s Windgeschwindigkeit und $q \approx 400\,\text{mm}^2$ wird γ_w etwa 0,009, also $\operatorname{tg}\alpha \approx 1$. Damit wird $\alpha = 45°$. Der Abstand D der Leiter muß dann größer als D_0 (Bild 2a) sein, wenn

$$D_0 = 2\,e\,\sin\alpha\,\Big|_{\alpha = 45°} = 1{,}41\,e \tag{23}$$

ist. Das würde bei $a = 300$ $D_0 = 15{,}5$ m geben.

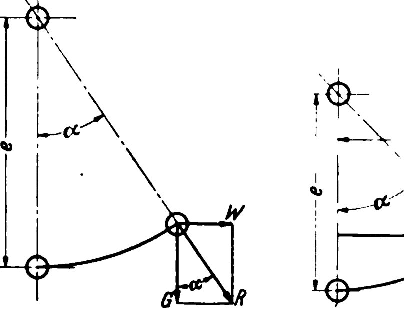


Bild 2. Ausschlag des Seiles durch Winddruck.

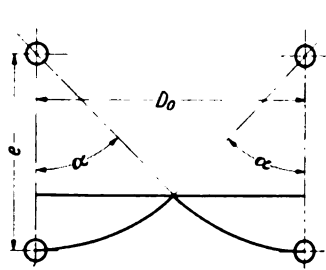


Bild 2a. Bedingung für den Leiterabstand bei Seilausschlag.

Außerdem können an Leitungen störende Schwingungserscheinungen auftreten, über die ich an anderer Stelle[7]) berichtet habe und die man durch geeignetes Anordnen und Aufhängen der Leitung oder durch Anbringen von Gewichten vermeidet.

i) Isolationsbemessung bei Kabeln

Bei Erdkabeln ist zur Vermeidung des Sprühens und des Durchschlags eine ausreichende Isolationsstärke $(r_a - r_i)$ je Seil (Phase) erforderlich. Die größte auftretende radiale elektrische Feldstärke am Außenrand des Leiters vom Durchmesser $2\,r_i$ (Bild 3) ist (U' je Phase)

$$\mathfrak{F}_i = \frac{U'}{r_i}\,\frac{1}{\ln\dfrac{r_a}{r_i}}\,, \tag{24}$$

wenn die Isolation am Außenrand vom Durchmesser $2\,r_a$ mit dem metallischen Sprühschutz s umgeben ist. $\mathfrak{F}_i$ ist bei Massekabeln etwa 30 kV/cm oder kleiner und bei Ölkabeln etwa 50 kV/cm oder weniger.

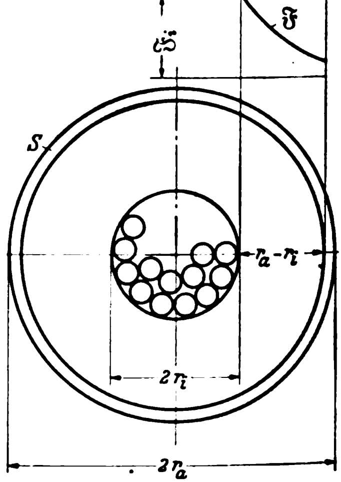


Bild 3. Isolationsbemessung und Feldstärkeverlauf bei Kabeln.

Die wirtschaftlichste Isolationsstärke ergibt sich aus $\partial\mathfrak{F}_i/\partial\, r_i = 0$ mit

$$\ln\frac{r_a}{r_i} = 1 \text{ bei } \frac{r_a}{r_i} = \mathrm{e} \tag{24a}$$

und

$$\mathfrak{F}_i = \frac{U'}{r_i}\,. \tag{24b}$$

Nach den vorstehenden vorläufigen Entwürfen wird man nun einige verschiedene Übertragungsleitungen voll-

[6]) Elektrotechn. u. Masch.-Bau 52 (1934) S. 266 und ETZ 60 (1939) S. 1419.

[7]) Elektrotechn. u. Masch.-Bau 52 (1934) S. 552.

ständig elektrisch, mechanisch und wirtschaftlich durchrechnen und daraus die beste auswählen. Die höchste, praktisch benutzte Drehstrom-Übertragungsspannung ist in den V. S. Amerika zur Zeit $U = 287{,}5$ kV mit geerdetem Nullpunkt, also rd. 300 kV; eine deutsche Fernleitung ist, bezogen auf geerdeten Nullpunkt, für 380 kV isoliert.

k) Nachrechnung der Ladeleistung

Einer weiteren Steigerung der dreiphasigen Spannung für Fernleitungen stehen manche Schwierigkeiten entgegen. Die Ladeblindleistung einer langen Leitung ist mit U in kV

$$N_c = 2\pi f C_x U^2 10^3 = 2\pi f C l U^2 10^3 \text{ in kVA}, \quad (25)$$

wenn angenähert je km

$$C = \frac{2 \cdot 10^{-6} \varepsilon}{36 \ln\left(\frac{D}{r}\right)} \approx 0{,}010 \cdot 10^{-6} \text{ in F/km}. \quad (25\text{a})$$

Für $U = 300$ kV und $l = 1000$ km wird $N_c = 280\,000$ kVA. Die natürliche Belastung ist für diesen Fall

$$N = \frac{U^2}{Z} 10^3 \text{ in kVA} \quad (26)$$

oder für $U = 300$ kV und $Z = 400\,\Omega$

$$N = 225\,000 \text{ kVA},$$

also kleiner als N_c. Die Ladeleistung ist also sehr hoch. Ihre Kompensation verursacht große Kosten. Immerhin werden Projekte für 400 bis 500 kV Drehstrom ausgearbeitet. Erdkabel hat man bisher dreiphasig bis 220 kV als drei Einleiter ausgeführt.

l) Weitere Betrachtungen von Gleich- und Drehstrom-Hochspannungsleitungen zum wirtschaftlichen Übertragen großer Leistungen

Ungestört durch die Einflüsse von Selbstinduktion und Kapazität lassen sich weite Übertragungen großer Leistung mit hochgespanntem Gleichstrom ausführen, z. B. $2 \times 250\,000$ V mit geerdetem Nullpunkt. Diese Gleichspannung ließe sich auch mit Erd- und See-Ölkabel übertragen, wobei aber die Umformer- und Stromrichterstationen zum Umwandeln von Drehstrom in Gleichstrom durch Gleichrichter am Leitungsanfang und von Gleichstrom in Drehstrom durch Wechselrichter am Leitungsende die Kosten erheblich vergrößern. Zudem müßte man eine größere Zahl von Stromrichtern mit etwa 50 kV in Reihe schalten. Der Wechselrichterbau und -betrieb ist noch nicht genügend entwickelt. Es wird auch Fälle geben, in denen die Erzeugung des hochgespannten Gleichstromes in Gleichstrom-Kommutatormaschinen, die einzeln für 20 kV und darüber gebaut werden können, vorteilhaft ist, z. B. bei der Ausnutzung der Gezeiten, wo der Gleichstromgenerator den Vorteil hat, daß er bei dem stark veränderlichen Gefälle mit veränderlicher Drehzahl arbeiten kann. Bei Drehstrom ist das wegen der mit der Drehzahl veränderlichen Frequenz nicht möglich.

Es gibt auch Drehstromübertragungen, bei denen die störenden Wirkungen von Selbstinduktion und Kapazität etwa ebenso wie bei Gleichstrom unwirksam werden. Wechselstrom I_x und Wechselspannung U_x verteilen sich über lange Leitungen als stehende oder wandernde Wellen von der Wellenlänge

$$\lambda = \frac{1}{f\sqrt{LC}}. \quad (27)$$

Wenn nun ungefähr die Leitungslänge

$$x = n\frac{\lambda}{2} \quad (28)$$

gemacht wird, wo $n = 1, 2, 3 \ldots$ ist, so erhält man Halbwellenleitungen[8]), in denen sich die Wirkungen von Selbstinduktion und Kapazität vollständig ausgleichen und eine besonders hohe Leistung bei beliebigem Leistungsfaktor übertragen werden kann. Genauer ist statt Gl. (28) zu setzen[9])

$$x = \frac{\lambda}{2}\left(n - \frac{1}{4}\right). \quad (28\text{a})$$

Will man die Übertragung mit solchen Halbwellenleitungen ausführen, so braucht man für jede Leitungslänge x eine andere Frequenz, nämlich

$$f = \frac{1}{\lambda\sqrt{LC}} = \frac{\left(n - \frac{1}{4}\right)}{2x\sqrt{LC}}. \quad (29)$$

Es ist bekanntlich

$$L = 2 \cdot 10^{-4}\left\{\ln\frac{D}{r} + 0{,}25\right\} \text{ in H/km}, \quad (30)$$

so daß man etwa $L = 1{,}4$ mH/km erhält. Mit $C = 0{,}01\,\mu$F/km nach Gl. (25a) ergibt sich z. B. bei $x = 750$ km eine günstigste Frequenz für die Halbwellenleitung von

$$f = 133 \text{ Hz}.$$

Bei dieser Halbwellenübertragung muß man sowohl am Leitungsanfang wie am Leitungsende Frequenzumformer aufstellen; dafür würden die erwähnten Phasenschieber entfallen. Am Leitungsanfang wären Generatoren mit der Sonderfrequenz möglich.

H. H. Skilling[10]) zeigt, daß sich auf einer 325 km langen Fernleitung mit 220 kV bei $f = 447$ Hz 270 000 kW bei beliebigem $\cos\varphi$ übertragen lassen, dagegen bei 60 Hz nur 50 000 kW bei $\cos\varphi = 1$ und weniger bei $\cos\varphi < 1$. Es wird oft darauf hingewiesen, daß in der elektrischen Leitungstheorie der Fernmeldetechnik, insbesondere der Fernsprechtechnik, die Frequenzabhängigkeit eine besondere Rolle spielt. Aus der obigen Behandlung der Halbwellenleitungen ist ersichtlich, daß auch in der Starkstromtechnik die Frequenz von großem Einfluß ist.

Aus vorstehendem geht deutlich hervor, daß zur wirtschaftlichen Übertragung von Höchstleistungen auf weite Entfernungen bei gewöhnlicher Frequenz $f = 50$ oder 60 große Phasenschieber am Ende und längs der Leitung erforderlich werden, bei Halbwellenleitungen am Anfang und Ende Frequenzumformer aufgestellt werden müssen und bei Benutzung von hochgespanntem Gleichstrom am Anfang und am Ende Stromrichter nötig werden, die das Umformen von Drehstrom in Gleichstrom und umgekehrt durchführen. Alle diese zusätzlichen Einrichtungen bringen eine wesentliche Verteuerung der Übertragung mit sich.

Zusammenfassung

In vorliegender Arbeit sind alle für den Entwurf langer elektrischer Fernleitungen erforderlichen Größen unter Beachtung aller wichtigen Anforderungen überschlägig, aber doch unter Benutzung der Ergebnisse der genauen Leitungstheorie ermittelt. Es wird die Abhängigkeit der Spannung von Leistung und Leitungslänge, dann die Stabilität der Fernleitungen behandelt, der wirtschaftliche Leiterquerschnitt ermittelt, ebenso die wirtschaftlichste Spannung und der Leiterabstand zwecks Vermeidung des Sprühens und des Zusammenschlagens der Seile. Auch für Kabel wird die Isolationsstärke bestimmt. Abschließend wird auf die mit der Spannung quadratisch steigende Ladeleistung langer Leitungen und für besonders große Entfernungen auf die Benutzung hochgespannten Gleichstromes und der Halbwellenleitungen bei Drehstrom hingewiesen.

[8]) Elektrotechn. u. Masch.-Bau 50 (1932) S. 427.
[9]) Elektrotechn. u. Masch.-Bau 51 (1933) S. 155.
[10]) Elektrotechn. u. Masch.-Bau 50 (1932) S. 427.

Zerstörungen von Metallen durch Insekten

DK 620.191.36 : 669.3/.7

Öfter wurden schon Beschädigungen von Metallteilen, insbesondere von bleiisolierten Kabeln, festgestellt, die zu erheblichen Störungen Anlaß gaben[1]). Durch die Löcher im Kabelmantel kann Feuchtigkeit eindringen und dadurch Kurzschluß der Kupferadern verursachen. Eine Durchtrennung der Kupferadern wurde jedoch bisher nicht beobachtet. Bei der Nachprüfung der Ursachen konnten Insekten als Urheber der Beschädigungen festgestellt werden. Die Art und das Aussehen solcher Anfressungen zeigt Bild 1 bis 4. Fast stets sind die Spuren der Nagetätigkeit in Form von Rillen und Riefen erkennbar. Von Beschädigungen durch Korrosionen sind sie durch das Fehlen nichtmetallischer Produkte leicht zu unterscheiden, desgleichen fehlen die Anzeichen einer Verformung, die kennzeichnend für Verletzungen mechanischer Art sind.

Die Gründe für die Anfressungen der Metalle durch Insekten sind verschiedener Art, jedoch kann als ausgeschlossen gelten, daß es sich hierbei um irgendeinen abgearteten Instinkt der Tiere handelt oder um eine beabsichtigte Nahrungssuche und -aufnahme; alle Beschädigungen dieser Art sind wohl auf Zufälligkeiten zurückzuführen. Insekten, deren Larven oder Imagines in Holz leben, verfügen über sehr kräftige Kauwerkzeuge, die ohne weiteres weiche Metalle, z. B. Blei, Zinn, Zink u. a. annagen können. Wenn daher gewisse Käfer bei ihren Flügen auf frei verlegte Telephonkabel stoßen, so ist damit zu rechnen, daß die Tiere darauf herumlaufen, instinktiv zu nagen beginnen, besonders, wenn etwa das Kabel in seiner Dicke den gewohnten Ästen entspricht, und, wenn sie den Gegenstand benagbar gefunden haben, weiter darin ihren Weg fortzusetzen suchen, bis sie auf Widerstand stoßen. Bild 1 zeigt den Mantel eines durchbohrten, frei verlegten Bleikabels aus dem Schwarzwald. Als Täter kommen hier einige Bostrichiden-Arten in Betracht. Bei Beschädigungen dieser Art kann vielleicht auch mit einem Brutinstinkt gerechnet werden; gelegentlich wurden an solchen Annagungen Eiablagen und ausgeschlüpfte, jedoch infolge Nahrungsmangels zugrundegegangene Larven vorgefunden. In den südeuropäischen Ländern und anderen wärmeren Gegenden mit einer größeren Zahl an Käferarten und Einzelindividuen wurden Schäden zum Teil in großer Häufung angetroffen und gaben zu erheblichen Störungen Anlaß.

Anders liegen die Verhältnisse, wenn Metallgegenstände, z. B. Kabel, auf Balken verlegt sind, in denen Larven von Käfern oder anderen Insekten, z. B. Holzbock, Schlupfwespen u. a. leben und die Tiere beim Ausschlüpfen auf diesen Gegenstand stoßen. Die Insekten werden dann auf jeden Fall versuchen, ihren Weg durch das Metall hindurch fortzusetzen, da sie andernfalls zugrundegehen müßten. Bild 2 zeigt einen solchen Fall aus der Nähe von Stettin, bei dem ein Holzbock eine starke Beschädigung an einem zweiadrigen Telephonkabel hervorrief. Zur Veranschaulichung wurde in der Abbildung das Kabel herumgedreht; im Original befindet sich die Fraßstelle an dem Kabel genau über dem darunterliegenden Loch in dem Holzbalken. Einen ähnlichen Fall aus der Lausitz zeigt Bild 3, wo sich auf dem Bleimantel des Kabels zwei Nagestellen befinden. Einen dritten Fall von Beschädigungen zeigt Bild 4 aus dem Eulengebirge. Hier hatte sich die Raupe eines Gabelschwanzes unter die Papierisolation eines Erdkabels gebohrt und aus den Bleispänen eine Puppenwiege gebaut. Die beschädigte Stelle befand sich etwa 0,5 m über dem Erdboden.

Möglichkeiten für die Entstehung solcher Schäden sind bei allen freihängenden Kabeln gegeben und besonders dort zu erwarten, wo diese auf von Insekten befallenen Hölzern verlegt sind. Auch hölzerne Kabeltrommeln können der Wohnort von Insektenlarven sein. Mittel zur Verhütung bestehen darin, daß den Tieren der Weg zu dem Kabel durch ein härteres, nicht benagbares Metall versperrt wird. Bestreichen der Kabeloberfläche mit gifthaltigen Stoffen ist zwecklos, da in keinem Falle das Annagen aus Gründen der Nahrungsaufnahme geschieht. Beschädigte Kabel können durch Austrocknen und Verlöten der Durchbohrung wieder instandgesetzt werden. *eb.*

[1]) F. Börsig, Masch. Schad. 17 (1940) S. 61; 7 S., 16 B.

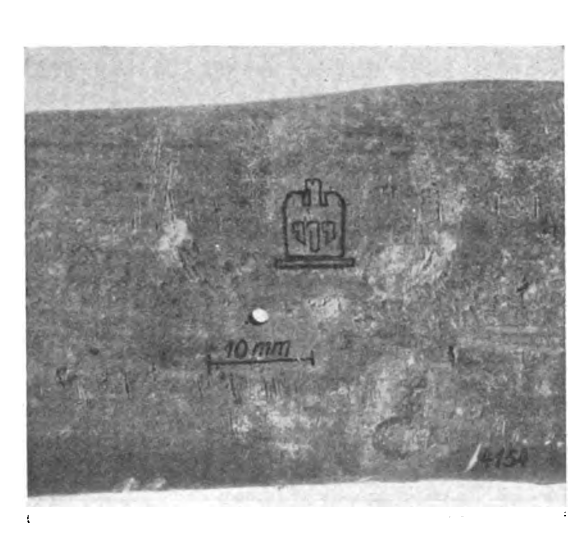


Bild 1. Durchbohrter Mantel eines Bleikabels.

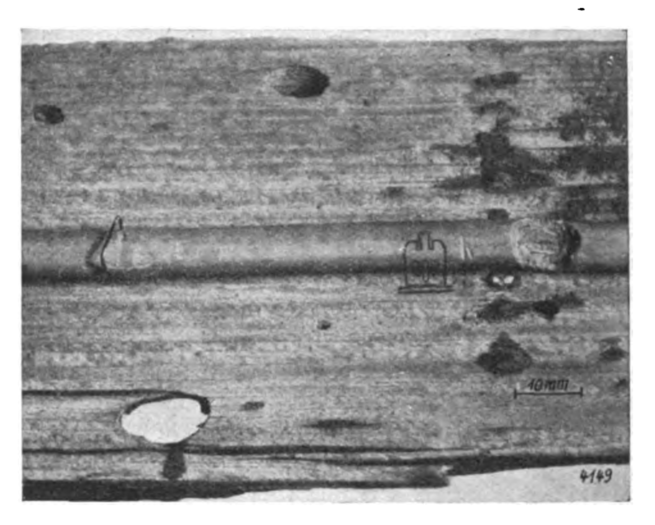


Bild 2. Durch Holzbockfraß beschädigtes Fernsprechkabel.

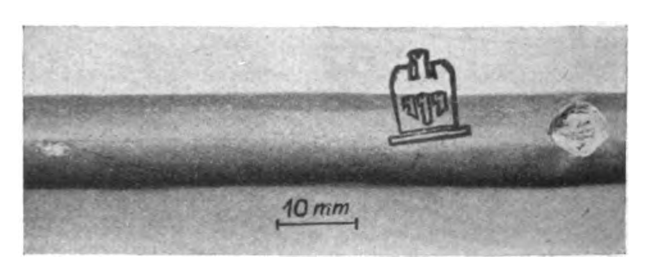


Bild 3. Bleimantel mit Nagestellen.



Bild 4. Durch Raupe beschädigtes, papierisoliertes Bleikabel.

RUNDSCHAU

Verkehrstechnik

DK 625.62 : 629.113.62

Straßenbahn, Fahrdrahtbus und Autobus. [Nach W. Kummer, Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 31 (1940) S. 261; 2 S., 1 B.]

Der Verfasser behandelt die wirtschaftlichen Arbeitsbereiche der Oberflächenverkehrsmittel Straßenbahn, Obus und Autobus analytisch an Hand der Betriebskosten. Zur Vereinfachung des Verfahrens wird davon ausgegangen, daß die Gesamtbetriebskosten in einen vom Anlagekapital unabhängigen und einen von ihm abhängigen Teil zerfallen. Der vom Anlagekapital unabhängige Teil sind die Kosten für Fahrpersonal und Antriebsenergie; diese sind in ihrer absoluten Größe der Verkehrsdichte verhältnisgleich und auf die Verkehrsleistung bezogen von ihr unabhängig. Der vom Anlagekapital abhängige Teil wiederum ist angenähert, soweit er sich auf die Kosten für die ortsfesten Anlagen bezieht, von der Verkehrsdichte hinsichtlich der absoluten Größe unabhängig und auf die Verkehrsleistung bezogen von ihr verhältnisgleich abhängig. Soweit sich dieser Teil schließlich auf die Fahrzeuge bezieht, ist er annähernd in seiner absoluten Größe der Verkehrsdichte proportional und auf die Verkehrsleistung bezogen unabhängig von ihr. Die Gesamtbetriebskosten K ergeben sich nun, bezogen auf die Verkehrsleistung, näherungsweise zu $K = a + b\,t$, wobei t die Verkehrsdichte bezeichnet. Für schweizerische Verhältnisse haben sich für die Konstanten a und b folgende grobe Näherungswerte als brauchbar erwiesen:

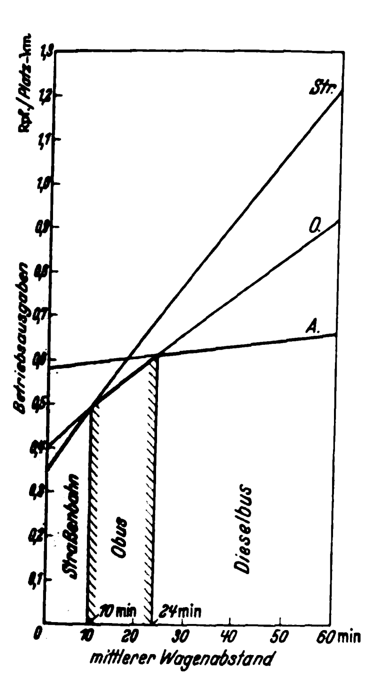


Bild 1. Wirtschaftliche Arbeitsbereiche der Oberflächen-Verkehrsmittel.

	Straßen-bahn	Obus	Autobus
a (Fahrpersonal-, Antriebsenergie- und Fahrzeugkosten)	6	7	10
b (Ortsfeste Anlagen)	15	9	1,5

Hieraus ergeben sich Betriebsausgaben, die die wirtschaftlichen Arbeitsbereiche der Verkehrsmittel abgrenzen (Bild 1). Das Ergebnis besagt, daß der wirtschaftliche Arbeitsbereich bei der Straßenbahn bei einer Verkehrsdichte von 0 bis 10 min, beim Obus von 10 bis 24 min, beim Autobus ab 24 min liegt. Dies entspricht im wesentlichen den bereits früher im deutschen Fachschrifttum veröffentlichten Ergebnissen gleichartiger Untersuchungen des deutschen Oberflächen-Nahverkehrs[1]. *A. Hs.*

DK 621.333

Planung von Bahnmotoren. [Nach F. E. Wynne und G. M. Woods, Electr. Engng. 59 (1940) Transactions S. 369; 5½ S., 15 B.]

Durch das Streben nach leichtem Gewicht und das Heraufsetzen der Drehzahlen sind die Beanspruchungen der Bahnmotoren so weit gestiegen, daß keine übermäßigen Sicherheiten mehr vorausgesetzt werden dürfen, und daher bei der Planung des Motors auf eine Vorausbestimmung der im Betrieb vorkommenden Belastungszustände nicht mehr verzichtet werden kann. In den V. S. Amerika sind solche Berechnungen erst seit etwa 1928 allgemein üblich geworden. Der Verfasser gibt einen kurzen Überblick über die dabei angewandten Gesichtspunkte und Berechnungsarten, die sich grundsätzlich von den bei uns üblichen nicht unterscheiden.

Besonders eingehend werden die Obusse behandelt. Für ein Fahrzeug von mittlerem Betriebsgewicht von 10,45 t, 550 V mittlerer Fahrdrahtspannung, Motor von 94 kW wird die Berechnung als Beispiel etwas genauer durchgeführt, an Hand zahlreicher Schaubilder. Aus den Motorkennlinien werden die Fahrschaulinien entwickelt und die Einflüsse der Feldschwächung auf Stromverbrauch und Reisegeschwindigkeit behandelt. Niedrig gesättigte Motoren mit weitgehender Feldschwächung (hier nicht ganz treffend als „langsamlaufend" bezeichnet) zeigen den geringsten Stromverbrauch. Für richtige Ausnutzung des Motors maßgebend ist die Wahl der Vorgelegeübersetzung, starke Spannungsabfälle in der Fahrleitung erhöhen den Stromverbrauch und senken die Reisegeschwindigkeit. Bei steigungsreichen Strecken müssen Fahrschaulinien sowohl für Hin- wie für Rückfahrt entworfen werden, man kann aber auch mit einer mittleren Steigung rechnen, für die Näherungsformeln angegeben werden. Sind z. B. verschiedene kurze Gefälle in eine lange Steigung eingeschaltet, so ergibt sich die mittlere Steigung aus der Summe aller positiven Höhenunterschiede, vermindert um die halbe Summe aller negativen, und der ganzen Streckenlänge. Bei Lokomotiven für Fernverkehr wird es notwendig, Erwärmungsschaulinien zu zeichnen. Dieselelektrische Ausrüstungen werden nur kurz erwähnt. *Tf.*

[1] S. Lehner, Technische Probleme der großstädtischen Verkehrsbedienung. ETZ 55 (1934) S. 677.

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung

DK 621.311.1 (41/42)

Wehrtechnik im englischen Grid-System. [Nach J. Wright, J. Instn. electr. Engrs. 86 (1940) S. 1; 16 S., 14 B.]

Anläßlich seiner Wahl zum Präsidenten des englischen Institute of Electrical Engineers für 1939/40 gab J. Wright vom Central Electricity Board in seiner Antrittsrede am 26. 10. 1939 einen Bericht über die seitherige Entwicklung und den neuesten Stand des englischen Verbundsystems. Aus diesem Bericht sind für uns nicht zuletzt auch im Hinblick auf die englische Landesverteidigung folgende Angaben von Interesse: Der erste Anlaß zur Gründung des Grid-Systems geht zurück auf Mängel und Schwierigkeiten, die sich in der englischen Elektrizitätsversorgung während des Weltkrieges von 1914 bis 1918 gezeigt hatten. Der Aufbau eines einheitlichen Verbundsystems über das gesamte Inselreich war also u. a. auch durch wehrtechnische Gesichtspunkte bestimmt. Im jetzigen Krieg soll das Grid-System gleichfalls für die Landesverteidigung eingesetzt und das Ausbautempo für die Kraftwerksleistung mit allen Mitteln beschleunigt werden. In wirtschaftlicher Hinsicht sollen im Verbundbetrieb folgende beiden Ziele erreicht werden: a) die erforderliche Kraftwerkreserve soll möglichst klein gehalten werden, b) die Kraftwerke mit dem günstigsten Wirkungsgrad sollen den höchstmöglichen Benutzungsfaktor erhalten.

Die erste Aufgabe des im Jahre 1926 eingesetzten Central Electricity Board war die Vereinheitlichung der Frequenz. Noch im Jahre 1924/25 wurden in Großbritannien 80 Unternehmungen mit einer von 50 Hz abweichenden Frequenz gezählt, wobei die einzelnen Versorgungsgebiete mit 17 verschiedenen Frequenzen betrieben wurden. Die Bereinigung dieses Frequenz-Wirrwarrs erforderte einen großen Aufwand an technischen Mitteln und an Kosten. Es wurden bis Ende 1938 insgesamt 1,9 Mill PS Motoren und 0,93 Mill kW Turbogeneratoren auf 50 Hz mit einem Kostenaufwand von 17,3 Mill Pfund Sterling umgestellt. Heute ist eine einheitliche Frequenz von 50 Hz über das ganze Inselreich verbreitet. Die Zeitgenauigkeit der Frequenzhaltung wird möglichst nach der Greenwich-Zeit kontrolliert, aber nicht unbedingt gewährleistet, da das Verbundnetz gewöhnlich in zwei oder drei getrennten Gruppen betrieben wird. Zeitweise wurde aber auch bereits längere Zeit Eingruppenbetrieb angewendet. Verwaltungstechnisch ist heute die Insel in 7 Energie-Provinzen aufgeteilt.

Seit Gründung des Grids im Jahre 1926 ist folgende Entwicklung zu verzeichnen (Stand vom 31. 12. 1938):

in Betrieb befindliche Freileitungen
rd. 4600 km für 132 kV
rd. 2100 km für Mittelspannung
zusammen rd. 6700 km Freileitung

in Betrieb befindliche Kabel
rd. 36 km für 132 kV
rd. 300 km für Mittelspannung
zusammen rd. 336 km Kabel

Zahl der Umspannwerke
für 132 kV 139
für Mittelspannung 174
zusammen 313 Umspannwerke

mit einer installierten Transformatorenleistung von
7,5 Mill kVA bei 132 kV
2,9 Mill kVA bei Mittelspannung
zusammen 10,4 Mill kVA Transformatorenleistung.

Zahl der in Betrieb befindlichen Kraftwerke 137 mit einer Gesamtleistung von 8,264 Mill kW (1927 rd. 5,2 Mill kW) und einer Jahreserzeugung von 24,372 Mrd kWh (1938).

[Anm. d. Ber.: Daraus folgt eine Benutzungsdauer von rd. 2950 h gegenüber einem veröffentlichten deutschen Reichsdurchschnitt von 2890 h im Jahre 1936.]

50% der Erzeugung wird von 14 wirtschaftlich günstigen Zentralen geliefert. Nur 30 Werke liefern das ganze Jahr. 52 Werke arbeiteten 1938 mit einer kleineren Benutzungsdauer als 2400 h. Die Erzeugung durch Wasserkräfte beträgt wenig mehr als 1% der Gesamterzeugung, ist also unbedeutend[1]).

Für die zukünftige Entwicklung des Grids werden folgende Richtlinien aufgestellt: weitestgehende Vereinheitlichung für sämtliche technischen Einrichtungen, bevorzugter Bau von Dampfkraftwerken mit künstlicher Rückkühlung, da dieselben meist näher im Belastungszentrum errichtet werden können als Kraftwerke mit Flußwasserkühlung[2]), bevorzugte Maschinengröße 30 bis 50 MW, bevorzugter Dampfdruck 35 bis 45 at, Dampftemperatur etwa 430 bis 450° C, Kesselgröße 90 bis 115 t/h.

Mit Rücksicht auf den Kriegszustand und infolge einer starken Energieverknappung wird bis 1942 ein beschleunigtes Ausbauprogramm für die Kraftwerksleistung aufgestellt. 34 Kraftwerke, die zur Zeit in Reserve stehen oder stilliegen, sollen umgehend modernisiert und wieder in Betrieb genommen werden, um für die Landesverteidigung eingesetzt werden zu können. Außerdem ist der Bau von 12 neuen Kraftwerken gleichfalls bis zum Jahre 1942 geplant. Insgesamt umfaßt das Ausbauprogramm von 1927 bis 1942 einen Leistungszuwachs von 5,7 Mill kW. Die Ausgaben für das gesamte Grid-System betrugen bis Ende 1938 rd. 30 Mill £, der Voranschlag bis 1942 beläuft sich auf 81,5 Mill £. Über weitere Betriebserfahrungen mit dem Grid ist in einer früheren Veröffentlichung desselben Verfassers berichtet[3]).

[Anm. d. Ber.: Der vorliegende Bericht läßt in vielen Dingen das typisch engliche Festhalten am Althergebrachten bzw. an veralteten Einrichtungen erkennen. Die auf dem Festland und insbesondere in Deutschland in den letzten zehn Jahren erzielten technischen Fortschritte wurden von den Engländern vielfach überhaupt nicht oder nur zögernd übernommen. So gibt es z. B. noch keine öllosen Schalter in England; ölarme Schalter sind erst im Probebetrieb. Es fehlt die Kurzschluß-Fortschaltung, der neuzeitliche Streckenschutz, ein werkseigenes Telephonnetz u. a. Hochdruck-Kessel mit Durchlauf bzw. Zwangsumlauf, Kohlenstaubfeuerung, Zwischenüberhitzung usw. sind noch nicht eingeführt bzw. befinden sich zur Zeit erst im Probebetrieb. Als wesentlicher Mangel muß weiterhin das Festhalten an der starren Nullpunktserdung in England angesehen werden. Auch der erzielte wirtschaftliche Erfolg ist im Vergleich zu dem Kostenaufwand als mäßig zu bezeichnen. Die für Ende 1938 mit nur rd. 12,5% angegebene, äußerst geringe Leistungsreserve sowie das überstürzte Ausbauprogramm bis 1942, das infolge der im Jahre 1940 eingetretenen militärischen Ereignisse sicherlich nicht durchgeführt werden kann, lassen die angespannte Lage sowie die leichte Verwundbarkeit der englischen Stromversorgung erkennen.] *H. Ro.*

[1]) S. a. ETZ 60 (1939) S. 1025.
[2]) S. a. ETZ 60 (1939) S. 1145.
[3]) ETZ 61 (1940) H. 40, S. 922.

DK 621.398.064 : 621.311.1.0151.

Erdpunktverlagerungen bei Transkommandotastung in Drehstromnetzen. [Nach V. Aigner u. K. Hessenberg, Arch. Elektrotechn. 33 (1940) H. 11, S. 603; 30 S., 26 B.]

Die vorliegende Arbeit stellt eine Ergänzung einer früheren Arbeit[1]) über die Rückwirkung der Transkommandotastung auf Drehstromnetze dar. Während jene sich auf die Untersuchung von Netzen ohne Nullsystem (sternpunktisolierte Netze) bezieht, untersucht die vorliegende Arbeit theoretisch und experimentell die Erdpunktverlagerungen, die bei der Transkommandotastung in kompensierten und sternpunktgeerdeten Netzen auftreten können. Maßnahmen zur Vermeidung von störenden Erdpunktverlagerungen werden angegeben.

Bei Transkommandotastung, d. h. einpoliger kurzzeitiger Unterbrechung von Drehstromnetzen mit erheblicher Leitungskapazität gegen Erde, insbesondere von kompensierten Netzen, muß der Einfluß des Nullstromkreises aus zwei Gründen berücksichtigt werden:

1. Wird durch die Transkommandotastung die Erdschlußspule von der ihr zugeordneten Netz-Erdkapazität ganz oder teilweise einpolig getrennt, so können in den einzelnen Leitern Spannungserhöhungen gegen Erde auftreten, da während der Tastdauer die Sternpunkt-Erdspannung linear anwächst. Die Eisensättigung der Erdschlußspule und die begrenzte Tastdauer verhindern zwar ein unbegrenztes Anwachsen der Spannungen, doch können die Spannungen gegen Erde, insbesondere bei Resonanzabstimmung der Erdschlußspule, betrieblich unzulässige Werte erreichen.
2. Bei geringer Netzbelastung hält die Resonanzabstimmung des Erdschlußspulenkreises die Symmetrie des Spannungsdreiecks trotz der einpoligen Unterbrechung teilweise aufrecht, wodurch die Übertragung der Transkommandoimpulse erschwert werden kann.

Für die rechnerische Erfassung dieser Erscheinungen werden Gleichungen, Vektordiagramme und Ersatzschaltungen für die symmetrischen Komponenten abgeleitet und experimentell bestätigt.

Während der kurzen einpoligen Unterbrechungsdauer wird der stationäre Spannungszustand im allgemeinen nicht erreicht. Der Einschwingvorgang erstreckt sich über mehrere Perioden; er wird noch wesentlich verzögert, wenn die durch die Erdschlußspule kompensierte Erdkapazität nur teilweise dem getasteten Netzteil angehört.

Die ermittelten unzulässigen Spannungserhöhungen und Schwierigkeiten verschwinden völlig, wenn die Schaltungsanordnung so getroffen wird, daß die Erdschlußspule während der einpoligen Tastung mit der ihr zugeordneten Netz-Erdkapazität dreipolig verbunden bleibt oder für die Dauer der Tastung abgeschaltet wird. Bei Netzversuchen aufgenommene Oszillogramme bestätigen die rechnerischen Ergebnisse.

In Netzen mit starrer Sternpunkterdung an Umspannern mit Stern-Dreieck-Schaltung vor und hinter der Taststelle ist die Transkommandotastung nur anwendbar, wenn die Sternpunkterdung für die Dauer der Tastung aufgehoben wird. Solche Netze kommen in Europa kaum vor.

Die Sternpunkterdung ausschließlich vor der Taststelle sowie Netze mit isoliertem Sternpunkt jedoch Erdkapazitäten beiderseits der Taststelle entsprechen grundsätzlich den bereits früher[1]) behandelten Netzanordnungen unter zusätzlicher Berücksichtigung des Scheinleitwertes des Nullkreises.

In kapazitiv belasteten Netzen ohne Nullstromkreis ergibt das Zusammenwirken von motorischer und ruhender Belastung Spannungs-Verlagerungen, die in den praktisch vorliegenden Netzen stets das für die Transkommandotastung erforderliche Ausmaß erreichen.

Durch die frühere und die vorliegende Arbeit sind die Rückwirkungen der Transkommandotastung auf Drehstromnetze in den wesentlichen Punkten geklärt. Die Untersuchungen zeigen, daß die für die einwandfreie Signalübertragung erforderlichen Spannungsabsenkungen stets erreicht werden und daß störende Spannungsverlagerungen durch geeignete Maßnahmen vermieden werden können.

[1]) Arch. Elektrotechn. 33 (1939) S. 419.

VERSCHIEDENES

BEKANNTMACHUNGEN

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker
(Eingetragener Verein)

Fernsprecher: 30 06 31 — Postscheckkonto: Berlin 213 12
Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00
Postscheckkonto der ETZ-Verlag G. m. b. H.: Berlin 223 84

Installationsmaterial

Der Ausschuß für Installationsmaterial hatte in ETZ 59 (1938) H. 47, S. 1269, 61 (1940) H. 22, S. 507 und 61 (1940) H. 46, S. 1043 Entwürfe zu Änderungen an VDE 0610 „Vorschriften, Regeln und Normen für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial bis 750 V Nennspannung" veröffentlicht. Die hierauf eingegangenen Einsprüche wurden ordnungsgemäß behandelt.

In dem in ETZ 62 (1941) H. 2, S. 34 veröffentlichten endgültigen Wortlaut sind gleichzeitig diejenigen Änderungen berücksichtigt, die sich durch das Inkrafttreten von VDE 0605 und 0635 ergeben.

Diese Änderungen, die unter der Bezeichnung VDE 0610g/XII. 40 bei der ETZ-Verlag GmbH. als Sonderdruck zu beziehen sind, wurden im Dezember 1940 durch den Vorsitzenden des VDE genehmigt und zum 1. Februar 1941 in Kraft gesetzt.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
Der Geschäftsführer
Viefhaus

Bezirk Berlin
vormals Elektrotechnischer Verein
(Gegründet 1879)

Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 IV, VDE-Haus
Fernsprecher: 34 88 85

Fachversammlung

des Fachgebietes „Leitungstelegraphie und -telephonie"
Leiter: Direktor Professor K. Küpfmüller VDE.

Vortrag

des Herrn Oberingenieur A. Flad, Berlin, am Dienstag, dem 21. Januar 1941, um 18^{30}, in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Hörsaal EB 301, über das Thema:

„Wähltechnik im Fernsprechfernverkehr".

Eintritt und Kleiderablage frei.

Gemeinsame Versammlung

der Deutschen Lichttechnischen Gesellschaft (DLTG), des Deutschen Vereins von Gas- und Wasserfachmännern (DVGW) und des VDE Bezirk Berlin am Donnerstag, dem 23. Januar 1941, 17^{30}, Hörsaal 141 der Technischen Hochschule zu Charlottenburg. Vortrag des Herrn Regierungsrat Dr. H. Korte DLTG., Berlin, über das Thema:

Die „Neue Kerze"
Zur Einführung der neuen Lichteinheit
(mit Vorführungen).

Eintritt und Kleiderablage frei.

Arbeitsgemeinschaften (Technischer Nachwuchs)

Die Teilnahme ist frei. VDE-Mitgliedschaft ist nicht Bedingung

Kabel und Leitungen: Leiter: Oberingenieur Dipl.-Ing. O. Gasser VDE.
13. Januar 1941, 18^{00}, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. „Starkstromkabel mit thermoplastischer Isolation" Vortragender: Dipl.-Ing. F. Mix.

Elektrische Bahnen: Leiter: Reg.-Baurat Dr.-Ing. habil. H. Kother VDE.
14. Januar 1941, 18^{00}, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. Vortragsreihe: Ortsfeste Anlagen des elektrischen Zugbetriebes. 2. Teil: Ausführungen ortsfester Anlagen des elektrischen Zugbetriebes. 1. Vortrag: „Wasserkraftwerke". Vortragender: Reg.-Baurat Dr.-Ing. habil. H. Kother VDE.

Stromrichter: Leiter: Dr.-Ing. habil. W. Schilling VDE.
15. Januar 1941, 18^{00}, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. Vortragsreihe: Technische Physik der Stromrichtergefäße. „Abmessungen und Kenngrößen technischer Stromrichter". Vortragender: Professor Dr. G. Mierdel VDE.

Elektrophysik: Leiter: Dr.-Ing. F. Hauffe VDE.
16. Januar 1941, 18^{00}, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. Vortragsreihe: Physik und Technik des Tonfilms. 1. Vortrag: „Physikalische Grundlagen". In Zusammenarbeit mit der Deutschen Kinotechnischen Gesellschaft. Vortragender: Dr. H. Etzold.

Industrieanlagen: Stellv. Leiter: Dipl.-Ing. R. Streich VDE.
17. Januar 1941, 18^{00}, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. Vortragsreihe: Der elektrische Antrieb in der Industrie und seine Steuerung. „Die Photozelle in der Industrie". Vortragender: Dipl.-Ing. H. Briebrecher VDE.

VDE Bezirk Berlin
vormals Elektrotechnischer Verein
Der Geschäftsführer
Burghoff

Sitzungskalender

VDE Bezirk Hansa, Hamburg. 15. 1. (Mi), 15^{00}, Ingenieurschule, Lübecker Tor 24: „Neue Bildtelegraphie-Geräte". Dr. K. Reche.

VDE Bezirk Oberschlesien, Kattowitz. 9. 1. (Do), 17^{45}, Staatslehranstalten, Holteistraße: „Verwendung von Akkumulatoren unter besonderer Berücksichtigung von Akkumulatoren-Fahrzeugen für Gruben und Hüttenbetrieb", Dipl.-Ing. Winkler VDE.

VDE Bezirk Ruhr-Lippe, Dortmund. 15. 1. (Mi), 17^{00}, AEG, Märkische Str. 80: „Die wirtschaftl. Anwendung des Kurzschlußmotors auf Grund neuer Anlaßtechnik" (m. prakt. Vorführ. u. Lichtb.). Dipl.-Ing. K. Obermoser.

VDE Bezirk Südbayern, München. 15. 1. (Mi), 19^{30}, T. H.: „Bauen und Beleuchten" (m. Lichtb.). Prof. Dr.-Ing. W. Arndt VDE.

VDE Bezirk Württemberg, Stuttgart. 16. 1. (Do.), 19^{00}, Technische Werke, Lautenschlagerstr. 21.: „Die Maßnahmen zum Schutz von Personen in Anlagen bis 1000 V", (m. Lichtb.). Dr. Koch VDE.

BUCHBESPRECHUNGEN

DK 621.314.5/.6

Die Wechselrichter und Umrichter. Von W. Schilling. Mit 83 B. u. 160 S. im Format 165×240 mm. Verlag R. Oldenbourg, München u. Berlin 1940. Preis geb. 12 RM.

Es ist ein sehr dankenswertes Beginnen, daß der Verfasser uns über die in der Fachliteratur zerstreute Kenntnis der Wechselrichter- und Umrichtertechnik einen kurz und klar zusammengefaßten Bericht gegeben hat. Hat sich doch diese Technik, bei der es sich darum handelt, mit Hilfe von Stromrichtern, d. h. Vakuumentladungsgefäßen mit Gleichrichtercharakter und Zündverzögerungssteuerung, Energie von der Gleichstromseite auf die Wechselstromseite zu übertragen oder Drehstrom in Wechselstrom oder in Drehstrom anderer Frequenz umzuwandeln, in den letzten Jahren eine Reihe von wichtigen Gebieten erobert, die bis dahin der umlaufenden Maschine vorbehalten waren. Es sei nur der Betrieb von Walzenstraßen, Fördermaschinen und der Bahnbetrieb erwähnt. Da die Vorgänge an sich durchaus nicht immer leicht durchsichtig sind, und die Entwicklung noch in vollem Fluß ist, muß man besonders anerkennen, daß es dem Verfasser gelungen ist, unter Weglassung alles Unnötigen und unter ausgiebiger Benützung lehrreicher Abbildungen die grundsätzlich wichtigen Vorgänge so kurz und klar herausgearbeitet zu haben, daß das Buch auch dem Nichtspezialisten einen deutlichen Begriff und ein klares Verständnis der auftretenden Fragen und ihrer Lösung gibt. Die nötigen Kenntnisse der allgemeinen Gleichrichtertechnik, wie z. B. die grundsätzlichen Vorgänge bei der Zündverzögerungssteuerung, der Anodenablösung usw. werden in einem



einleitenden Kapitel kurz skizziert. Der eigentliche Stoff zerfällt in zwei Hauptabschnitte: Wechselrichter- und Umrichterschaltungen. Im ersten Teil wird der netzerregte Wechselrichter mit Taktgeber (Blindleistungsmaschine) und dann der netzerregte Wechselrichter ohne EMK im Wechselstromkreis behandelt. Zwei besondere Abschnitte im ersten Teil befassen sich mit dem netzerregten bzw. selbsterregten Umrichter mit Gleichstrom-Zwischenkreis, bei dem Wechselstrom in Gleichstrom und dieser wieder in Wechselstrom anderer Frequenz und Phasenzahl umgewandelt wird. Der zweite (Umrichter-) Teil befaßt sich zunächst mit den unmittelbaren Umrichtern und dann mit den gesteuerten (gleitenden) Umrichtern. Ein zweiter Abschnitt erklärt die Stromrichter-Maschine und der letzte betrachtet den Stromrichter als Netzbelastung besonders vom Standpunkt des Leistungsfaktors aus und erwähnt neuere Vorschläge zu dessen Verbesserung. Am Ende befindet sich ein Schrifttumsverzeichnis von 38 Nummern solcher Arbeiten, aus denen der Verfasser Anregung empfing.

Wie der Verfasser in der Einleitung betont, wollte er wegen des lebhaften, in seiner Auswirkung noch unabsehbaren Ganges der Entwicklung nur die Grundschaltungen behandeln. Der Sachkenner wird deshalb vielleicht manche Schaltungen vermissen, die schon praktisch verwendet wurden, die aber auf Grund der Angaben des Buches leicht abzuleiten und zu verstehen sind.

Man kann dem Verfasser nur bestätigen, daß es ihm gelungen ist, dieses sehr interessante und wichtige Gebiet, dessen Aufgabestellungen und Lösungen häufig von den üblichen Fragestellungen der Starkstromtechnik stark abweichen, dem Leser nahegebracht zu haben.

Dem Buch ist ein empfehlendes Vorwort von Prof. Dr.-Ing. W. Wechmann vorausgestellt, dem man sich nur anschließen kann. Dem Buch ist eine weite Verbreitung in Fachkreisen zu wünschen. W. O. Schumann

DK 681.2.083 : 536

Physikalische Grundlagen der Meßtechnik in der Wärmewirtschaft. Von S. Valentiner. Mit 45 B., VI u. 127 S. im Format 148 × 222 mm. Verlag von Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig 1940. Preis geh. 8,50 RM, geb. 10 RM.

Das Buch ist aus Vorlesungen über die Grundlagen der technischen Wärmelehre und der Wärmewirtschaft hervorgegangen und will eine Anleitung zum Studium des umfangreichen Schrifttums geben, das sich mit der Überwachung der Wärmeenergie und den Maßnahmen, die den Umsatz wirtschaftlicher gestalten, beschäftigt. Es behandelt die Größen, die im Betrieb zu überwachen sind, die Verfahren und Geräte, die zur Überwachung dienen können, und geht auf die physikalischen Überlegungen ein, die einer vernünftigen Wärmewirtschaft zugrunde liegen müssen. Der Inhalt gliedert sich in fünf Abschnitte: Temperaturmessung, Spezifische Wärme und Wärmeübergang, das Verhalten der Gase und Dämpfe, Strömen von Gasen und Dämpfen und Mengenmessung, Feuerungstechnik. Im Vordergrund stehen die physikalische Grundlagen, von denen aus eine gegebene Aufgabe zu meistern ist. Die Beispiele sind meist dem Gebiet des Hüttenwesens entnommen, so daß das Buch besonders den jungen Ingenieuren und Studenten dieses Faches zu empfehlen ist. W. Bauer

DK 621.362 : 669.2/.7

Metallische Werkstoffe für Thermoelemente. Von Dr. A. Schulze. (Beiträge zur Wirtschaft, Wissenschaft und Technik der Metalle und ihrer Legierungen, H. 10.) Mit 65 B. und 100 S. im Format 148 × 210 mm. N. E. M.-Verlag und Buchvertrieb Dr. Georg Luttke, Berlin 1940. Preis kart. 8,40 RM.

Als Mitglied der physikalisch-technischen Reichsanstalt berichtet A. Schulze von berufener Stelle im Heft 10 der Beiträge zur Wirtschaft, Wissenschaft und Technik der Metalle und ihrer Legierungen über: Metallische Werkstoffe für Thermoelemente. Das Buch ist für den geschrieben, der mit Thermoelementen umgehen will, d. h. es verzichtet bewußt auf die Theorie und Behandlung des physikalischen Vorgangs. Die Berücksichtigung des praktischen Gesichtspunktes führt selbstverständlich zur Darlegung der rechnerischen und meßtechnischen Verfahren. Die Schrift ist in einen allgemeinen und einen speziellen Teil eingeteilt. Ersterer beginnt mit der rechnerischen Behandlung des Kreises mit vielen Leitern und beliebiger Temperaturverteilung und gibt dann eine kurze Übersicht über die möglichen Schaltungsarten und über die Fehlerquellen wie parasitäre Thermokräfte, den Einfluß chemischer und mechanischer Inhomogenität der Thermoelementschenkel. Ein weiterer Abschnitt befaßt sich mit der Temperaturabhängigkeit der Thermokraft, dem Auftreten von Extremwerten sowie dem Verlauf bei sehr tiefen Temperaturen. Es folgen sodann Mitteilungen über das thermoelektrische Verhalten von Einkristallen und kaltverformtem Werkstoff. Den Abschluß des allgemeinen Teils bilden Abschnitte über die thermoelektrische Spannungsreihe, über Meßmethoden sowie über die Eichung.

Der spezielle Teil gibt in Kurven und Tafeln zunächst die Thermokräfte der Edelmetallelemente, deren Bedeutung vor allem in der Verwendbarkeit als Normalelemente liegt. Sowohl hier wie vor allem im folgenden Abschnitt über die Elemente aus unedlen Metallen ist sehr wertvoll, daß die Grenzen der Verwendbarkeit, die Einflüsse der chemischen Reinheit und andere wichtige Daten wie Hinweise auf die Bearbeitbarkeit mitgeteilt werden. Am Schluß finden sich einige Hinweise auf die geeigneten Werkstoffe für Schutzröhren.

Das für den Praktiker geschriebene Buch gibt in dankenswerter Weise eine Zusammenfassung über die Erscheinungsformen, über die Möglichkeiten und über die bei der Verwendung von Thermoelementen zur Vermeidung von Fehlern wichtigen Gesichtspunkte. Es erscheint deshalb gut geeignet für jeden, der sich allgemein über Thermoelemente unterrichten will und auch für den, der für einen bestimmten Zweck die geeignetesten Elemente auffinden will. Die Bedeutung für den Praktiker dürfte vielleicht noch erhöht werden durch eine Zusammenstellung der wichtigsten Herstellerfirmen. Sehr wertvoll sind für den, der sich über den Rahmen des hier Gegebenen hinaus orientieren will, die vollständigen Hinweise auf die Literatur der einzelnen Teilgebiete. A. Thum

DK 669.3/.7

Kurzgefaßtes Handbuch aller Legierungen. Von Prof. Dr. phil., Dr.-Ing. E. h. E. Jänecke. Nachtrag. Mit 131 B., VIII u. 123 S. im Format 175 × 240 mm. Verlag von Robert Kiepert, Berlin 1940. Preis geh. 15 RM, kart. 16 RM, geb. 16,80 RM.

Der Verfasser hat zu dem „Handbuch aller Legierungen" einen Nachtrag erscheinen lassen, um die große Zahl der neu erschienenen Arbeiten aufnehmen zu können. Hinzugefügt wurden etwa 250 Neuangaben mit 131 Abbildungen. Der Nachtrag schließt sich würdig dem Handbuch an. Die Anordnung ist die gleiche geblieben.

Sehr wichtig ist es, daß im Nachtrag ein alphabetisches Verzeichnis der Systeme aufgeführt worden ist sowie ein alphabetisches Sachverzeichnis für Hauptwerk und Nachtrag. Der Nachtrag ist ebenso wie das Handbuch wärmstens zum Studium zu empfehlen. Druck und Ausstattung sind sehr gut. Fr. Knoops VDE

DK 620.2 : 621

Werkstoffumstellung im Maschinen- und Apparatebau. Auszüge aus Vorträgen der gleichnamigen Vortragsreihe, veranstaltet im Herbst 1940 vom Verein deutscher Ingenieure. Mit 8 B. u. 72 S. im Format 148 × 210 mm. VDI-Verlag GmbH., Berlin 1940. Preis kart. 2 RM, für VDI-Mitgl. 1,80 RM.

Zu den Vortragsreihen, die der Verein deutscher Ingenieure im NSBDT. unter Mitwirkung des VDE im Herbst 1940 auf Anregung der Reichsstelle für Metalle und anderer Behörden in 15 Städten Großdeutschlands veranstaltet, hat der VDI ein Büchlein mit Auszügen aus einer großen Zahl von Vorträgen herausgegeben. Die Vorträge zur Einführung in die bei der Werkstoff-Umstellung vorliegenden Aufgaben und Gesichtspunkte wie alle für die Werkstoff-Umstellung in Frage kommenden Fachgebiete wie Lager, Getrieberäder, Tragkonstruktionen, Feingerätebau, Elektrotechnik und Maschinenbau, Pumpen, Armaturen, Heiz- und Kühlvorrichtungen, Chemischer Apparatebau, Oberflächenschutz von Metallen sind in den Vorträgen berücksichtigt. Für den Konstruktions- und Betriebsingenieur, den die Vortragsreihen über die technisch möglichen und notwendigen Werkstoff-Umstellungen besonders im Hinblick auf die Verwendungsverbote der Anordnung 39a der Reichsstelle für Metalle unterrichten sollen, ist das Büchlein eine Fundgrube für seine gegenwärtigen und kommenden Aufgaben in der Umstellung auf dem Metallgebiet zum Nutzen der deutschen Metallwirtschaft. A. Przygode VDE

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Regierungsrat Dr.-Ing. J. Baltzer VDE, Schöneiche b. Berlin, Auguste Viktoria-Str. 21
Prof. Dr. F. Niethammer VDE, Prag I, Dominikanergasse 5
Ministerialrat i. R. Dr. Arthur Schmidt, Berlin-Schlachtensee, Hoensbroechstr. 14a
Dr.-Ing. Th. E. Schmidt, Frankfurt a. M., Melemstr. 19

Abschluß des Heftes: 3. Januar 1941

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE (z. Z. im Felde)
G. H. Winkler VDE (z. Z. im Felde)
H. Hasse VDE und R. Henrichs VDE
Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.



Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

62. Jahrgang | Berlin, 16. Januar 1941 | Heft 3

Über die Fehler beim Messen großer Stoßströme mit Hilfe induktivitätsarmer Meßwiderstände und Kathodenstrahloszillograph

(Mitteilung aus dem Hochstrom-Stoßprüffeld der Siemens-Schuckertwerke AG. Berlin)

Von W. Siemer VDE, Berlin

DK 621.317.312.014.33

Übersicht. Der Aufsatz zeigt, mit welchen Fehlern die Messung von großen Stoßströmen mit Hilfe von Meßwiderständen und Kathodenstrahloszillograph behaftet ist.

Für die Messung von Stoßströmen wird im Versuchsfeld meistens ein indirektes Verfahren angewendet, indem der durch den Stoßstrom an einem ohmschen Widerstand hervorgerufene Spannungsabfall mit Hilfe eines Kathodenstrahloszillographen bestimmt wird. Zur Erzielung einwandfreier Oszillogramme, die den Stoßstrom nach Größe und Verlauf richtig wiedergeben, müssen der Meßwiderstand und der Spannungsabgriff an ihm möglichst weitgehend induktivitätsarm gehalten werden; denn bei großen Steilheiten des Stromes würde eine kleine Induktivität schon einen erheblichen zusätzlichen Spannungsabfall und somit eine Falschmessung ergeben.

Über die Messung von großen Stoßströmen bis 340 kA mit besonderen Metallwiderständen wurde an dieser Stelle bereits berichtet[1]). Diese Widerstände bestehen aus einer größeren Anzahl von parallelgeschalteten bifilaren oder zu einer Doppelschleife gelegten Konstantandrähten, die strahlenförmig um zwei gegeneinander isolierte Mittelstücke angeordnet sind (Bild 1). Der Spannungsabfall

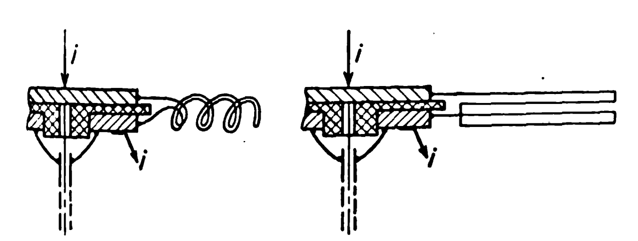


Bild 1. Induktivitätsarme Meßwiderstände zur Messung von hohen Stoßströmen mit dem Kathodenstrahloszillographen.

wird an feldfreier Stelle in der Mitte abgegriffen und über ein kapazitätsarmes, abgeschirmtes Meßkabel zu den Ablenkplatten des Kathodenstrahloszillographen geführt. Trotz dieses Aufbaues der Meßwiderstände muß mit Meßfehlern gerechnet werden, die aufzudecken der Zweck der folgenden Ausführungen ist.

Es soll daher untersucht werden, ob und in welchem Maße der Widerstandswert der verwendeten Meßwiderstände beeinflußt wird durch

1. deren Induktivität und Kapazität,
2. Stromverdrängung in den Widerstandsdrähten,
3. Temperaturänderung bei Durchgang des Stromes.

Alle genannten Fehler wirken in der gleichen Weise, und zwar wird durch sie der Strom zu groß ausgewertet.

1. Ermittlung des Fehlers, der durch die Induktivität und die Kapazität des Meßwiderstandes bedingt ist

Die maximal zulässige Ablenkspannung des verwendeten Hochleistungs-Kathodenstrahloszillographen beträgt etwa 1 kV. Demzufolge dürfen die Widerstandswerte

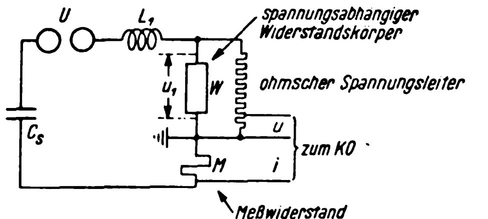


Bild 2. Stoßkreis zur Erzeugung eines sinusförmigen Stromstoßes.

von Meßwiderständen für Stoßströme in der Größenordnung von einigen 100 kA nur wenige Milliohm betragen. Diese Widerstände werden am einfachsten und genauesten in einer Thomsonschen Doppelbrücke oder unter Berücksichtigung aller Fehlerquellen durch Strom- und Spannungsmessung bei Gleichstrom gemessen. Der Fehler, der durch einen Blindspannungsabfall an der Induktivität und Kapazität des Widerstandes in die Messung hineingebracht wird, kann dadurch ermittelt werden, daß mit dem Meßwiderstand der Entladestrom eines Kondensators über einen spannungsabhängigen Widerstand, z. B. für Kathodenfallableiter, oszillographisch aufgenommen wird. Zur näheren Erläuterung sei folgendes ausgeführt:

Wird in einem Stoßkreis entsprechend Bild 2 der Kondensator C_s mit einer Aufladespannung U über die Induktivität L_1 und den spannungsabhängigen Widerstandskörper W mit einer Begrenzungsspannung u_1 entladen, so tritt für den Fall, daß $U = 2u_1$ ist, nur eine einzige Halbwelle eines sinusförmigen Stromes auf. Denn beim Nulldurchgang des Stromes ist die treibende Spannung des Kondensators C_s bereits so klein geworden, daß der Widerstandswert von W plötzlich sehr stark ansteigt. Infolgedessen kann nur noch ein sehr kleiner Strom fließen, so daß der Entladefunken abreißt. Ist dagegen $U > 2u_1$, so kann noch eine mehr oder weniger große

[1]) R. Foitzik, ETZ 60 (1939) S. 89 u. 128.

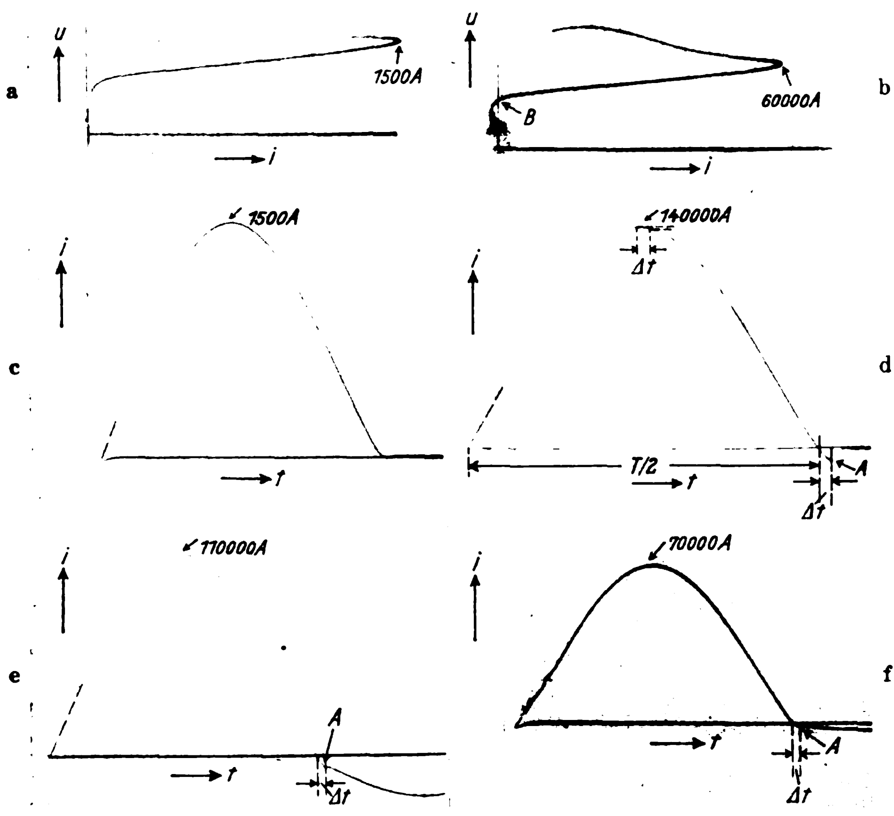


Bild 3. Kathodenstrahloszillogramme von großen Stoßströmen bei Entladungen über spannungsabhängige Widerstandskörper für Kathodenfallableiter.

zweite Halbwelle des Stromes folgen, wobei der Übergang von der einen zur anderen Halbwelle genau in der Nulllinie mit einer kleinen Unstetigkeit in der Kurve erfolgt. Bei der Aufnahme der Strom-Spannungs-Kennlinie ergibt sich die bekannte gekrümmte Charakteristik mit dem plötzlichen scharfen Spannungsabfall bei sehr kleinem Strom.

Solche Oszillogramme, bei kleineren Strömen von 1500 A mit einem elektrolytischen Meßwiderstand aufgenommen, sind in Bild 3a und 3c dargestellt. Elektrolytische Widerstände praktisch brauchbarer Abmessungen sind jedoch wegen ihres Widerstandswertes nur bis zu Strömen von etwa 5000 A zu verwenden. Benutzt man nun bei größeren Strömen die oben beschriebenen Drahtwiderstände, so ergibt sich für die Strom-Spannungs-Kennlinie das Oszillogramm Bild 3b und für den zeitlichen Verlauf des Stromes Bild 3d bis 3f. Bei diesen Oszillogrammen fällt auf, daß im Bild 3b die Stromablenkung vor der Spannungsablenkung durch Null geht und daß im Bild 3d und 3e bei dem Punkte A eine deutliche Spitze in der Kurve auftritt.

Um das erklären zu können, muß man bedenken, daß die Spannung (Ordinate) in Bild 3b und auch der „Strom" (Abszisse) vom Kathodenstrahloszillographen als Spannungsabfälle gemessen werden, und zwar die Spannung über einen ohmschen Spannungsteiler, so daß also die Ordinatenablenkung sich in Phase mit dem tatsächlichen Strom befindet, und der „Strom" als Spannungsabfall an dem Meßwiderstand, dessen ohmscher oder induktiver Charakter noch näher untersucht werden muß (vgl. Stoßkreis Bild 2). Nach Bild 3b muß man demnach folgern, daß der Meßwiderstand eine kleine Induktivität aufweist, wodurch der Spannungsabfall an ihm (Abszissenablenkung) vor dem hindurchfließenden Strom (in Phase mit Ordinatenablenkung) etwas voreilt.

Wenn diese Annahme richtig ist, muß sich damit auch die Spitze beim Punkt A in Bild 3d und 3e erklären lassen. Zu diesem Zweck sind in Bild 4 das Ersatzschema und das Spannungsdiagramm des Meßwiderstandes dargestellt. Wir nehmen zunächst an, daß hierbei zwischen Strom und Spannung eine kleine Phasenverschiebung auftritt. In Bild 5 sind ferner die drei Spannungen in ihrem zeitlichen Verlauf dargestellt, und zwar der ohmsche Spannungsabfall: Kurve *1*, der induktive: Kurve *2* und die Überlagerung beider: Kurve *3*. Der Oszillograph zeichnet nun den Gesamtspannungsabfall, also Kurve *3*, auf. Der spannungsabhängige Widerstand sperrt den Stromfluß aber erst, wenn der Stoßstrom, d. h. also die ohmsche Komponente (Kurve *1*), durch Null geht. Zu dieser Zeit ist jedoch der Gesamtspannungsabfall schon bis zu dem Punkte A vorgedrungen und muß von hier entweder zur Nullinie oder zur kleineren Sinuswelle der zweiten Halbwelle übergehen. Diesen Vorgang kann man in Bild 3d und 3e genau erkennen. Demnach dürfte eindeutig feststehen, daß die Spitze beim Punkt A im Bild 3d und 3e auf eine induktive Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannungsabfall am Meßwiderstand zurückzuführen ist. Man hat auf diese Weise also die Möglichkeit, durch oszillographische Aufnahme einer einzigen Meßgröße auf den Fehlwinkel des Widerstandes zu schließen. Es kann jedoch nicht entschieden werden, ob allein die Induktivität des Meßwiderstandes dafür verantwortlich ist, wie in Bild 5 angenommen wurde, oder ob außerdem eine Kapazität mitwirkt, was bei der bifilaren Wicklung sehr wohl möglich sein könnte. Insgesamt bleibt aber eine induktive Phasenverschiebung erhalten, wodurch die oben angestellten Überlegungen auch bei Vorhandensein einer Kapazität in voller Gültigkeit bleiben.

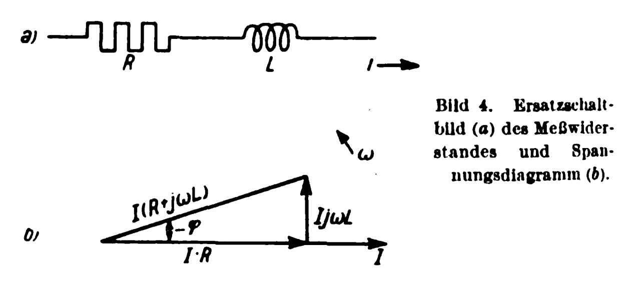


Bild 4. Ersatzschaltbild (*a*) des Meßwiderstandes und Spannungsdiagramm (*b*).

Die Induktivität und die Kapazität kann man in ihrer Größe nicht ermitteln, jedoch kann man auf Grund des im Oszillogramm meßbaren Winkelfehlers φ auf den relativen Meßfehler beim Strommaximum schließen, der durch die Blindkomponente des Meßwiderstandes hervorgerufen wird. Er wird in den vorliegenden Fällen mit genügender Genauigkeit ausgedrückt durch die Formel:

$$F = \left(\sqrt{1 + \varphi_1^2} - 1\right) \cdot 100\,\% , \qquad (1)$$

wobei bedeutet:

$$\varphi_1 = \frac{\Delta t}{T/2}\,\pi . \qquad (2)$$

(Bezeichnungen nach Bild 5)

Auf Grund der vorliegenden Oszillogramme in Bild 3 kommt man demnach beim Scheitelwert des Stromes zu relativen Meßfehlern von 0,8 % (Bild 3d), 0,6 % (Bild 3e) und 0,3 % (Bild 3f). Die Unterschiede sind darauf zurückzuführen, daß die Oszillogramme mit Hilfe verschiedener Meßwiderstände aufgenommen wurden, und zwar Bild 3d mit einem Widerstand von 6 mΩ, dessen 24 parallele Konstantandrähte je einen Durchmesser von 1,8 mm hatten, während für Bild 3e ein solcher von 13 mΩ mit

$d = 1{,}2$ mm Dmr. und für Bild 3 f einer von 21 mΩ mit $d = 1{,}1$ mm Dmr. verwendet wurde. Es zeigt sich also, daß der Meßwiderstand mit dem größten Widerstandswert und dem dünnsten Draht den kleinsten Meßfehler verursacht. Das wird darauf zurückzuführen sein, daß der dünnste Draht am engsten gewickelt, sein Blindwiderstand also klein gehalten werden kann, vor allem im Verhältnis zum größeren ohmschen Widerstand.

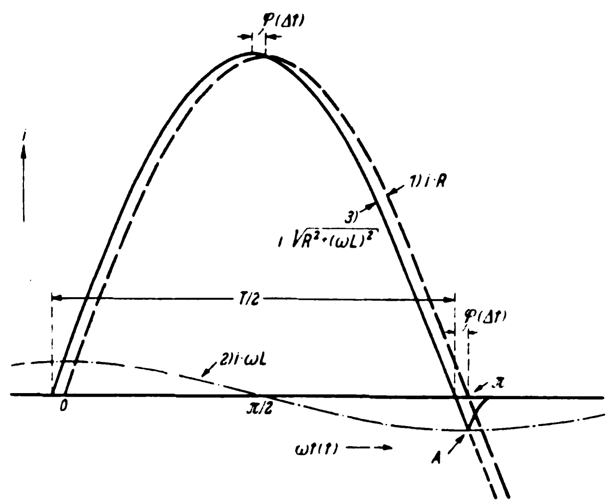


Bild 5. Verlauf des Spannungsabfalls am Meßwiderstand.

Außer durch Rechnung kann man den Fehler in seinem Absolutwert auch unmittelbar aus dem Oszillogramm auswerten, indem man die Phasenverschiebung (Δt) auf den Scheitel der Stromkurve überträgt und somit den Scheitel der ohmschen Komponente des Spannungsabfalls am Meßwiderstand findet (vgl. Bild 5). Man kommt bei diesem Verfahren jedoch zu dem Ergebnis, daß der Meßfehler beim Strommaximum kaum auszuwerten ist, d. h. er ist nicht größer als der Auswertfehler des Oszillogramms und braucht daher praktisch nicht berücksichtigt zu werden. Zur Kontrolle und Erhärtung dieser Meßmethode wurde der Winkelfehler eines Meßwiderstandes in einer Hochfrequenz-Meßbrücke ermittelt. Diese Messung hat die obigen Ergebnisse in vollem Umfange bestätigt.

Es kann also abschließend festgestellt werden, daß die Induktivität und die Kapazität der Meßwiderstände bei der Auswertung des Scheitelwertes des Stromstoßes praktisch keinen Fehler verursachen.

2. Ermittlung des Fehlers, der durch die Stromverdrängung hervorgerufen wird[2])

Der Spannungsabfall längs eines Drahtes des Meßwiderstandes kann dargestellt werden durch die Wirkung eines ohmschen Widerstandes r und einer inneren Induktivität L_i. Bei Durchgang eines Wechselstromes I ist also der gesamte Spannungsabfall $I\,(r + \mathrm{j}\,\omega L_i)$. Führt man nun den Gleichstromwiderstand $R = \frac{\varrho\, l\, 4}{\pi\, d^2}$ ein, und setzt man ferner:

$$x = \frac{d}{4}\sqrt{\frac{\pi\,\mu\,f}{\varrho}}\,, \tag{3}$$

wobei bedeutet:

- d den Drahtdurchmesser in cm,
- l die Drahtlänge in cm,
- f die Frequenz in Hz,
- μ die Permeabilität, hier $1{,}256 \cdot 10^{-8}$ H/cm,
- ϱ den spez. Widerstand in Ω · cm (bei Konstantan: $0{,}5 \cdot 10^{-4}$ Ω · cm),

[2]) Rechnung nach Küpfmüller, Einführung in die Theoretische Elektrotechnik, S. 214. Julius Springer, Berlin 1939.

so erhält man bei $x < 1$ für den ohmschen Wechselstromwiderstand r:

$$\frac{r}{R} = 1 + \frac{1}{3}\,x^4 \tag{4}$$

und für die Induktivität L_i:

$$\frac{\omega L_i}{R} = x^2\left(1 - \frac{x^4}{6}\right). \tag{5}$$

Die Eigenfrequenz der Hochstromstoßbatterie bei Parallelschaltung aller Kondensatoren wurde aus Kurzschlußversuchen zu $f = 22$ kHz (Schwingungsdauer 45 μs) ausgewertet. Berücksichtigt man ferner den größten bei den Meßwiderständen verwendeten obengenannten Drahtdurchmesser von $d = 0{,}18$ cm Dmr., bei dem sich die Stromverdrängung am stärksten bemerkbar macht, so ergibt sich aus Gl. (3):

$$x = 0{,}187.$$

Setzt man diesen Wert in die Gl. (4) und (5) ein, so erhält man:

$$\frac{r}{R} = 1{,}00041 \text{ und } \frac{\omega L_i}{R} = 0{,}035.$$

Die Vergrößerung des ohmschen Widerstandes durch Stromverdrängung beträgt also nur 0,04 %, ist also vollkommen zu vernachlässigen. Der Meßfehler, den die innere Induktivität des Drahtes hervorruft, muß mit Hilfe der Gl. (1) ermittelt werden, denn $\frac{\omega L_i}{R} = \operatorname{tg}\varphi' \approx \varphi_1'$. Er beträgt 0,06 %, braucht also ebenfalls nicht berücksichtigt zu werden.

Wenn ein Fehler von 0,5 % ($r/R = 1{,}005$) durch Stromverdrängung zugelassen wird, so dürfen mit dem Meßwiderstand Ströme bis zu einer Frequenz von 78 kHz gemessen werden. Ein solcher Fall kann praktisch vorkommen, wenn z. B. zur Erzielung eines kleineren Stromes nicht alle Kondensatoren der Stromstoßbatterie parallelgeschaltet werden. Anderseits darf bei einem Fehler von 0,5 % der Drahtdurchmesser unter Berücksichtigung der Frequenz von 22 kHz auf 3,4 mm Dmr. erhöht werden. Das ist jedoch für die bifilare Wicklung mit Rücksicht auf eine kleinstmögliche Induktivität nicht empfehlenswert.

3. Ermittlung des Fehlers, der durch die Temperaturerhöhung bei Durchgang des Stromes hervorgerufen wird

Wie schon erwähnt, wird als Widerstandsbaustoff für die Meßwiderstände Konstantan (WM 50) verwendet, dessen Temperaturkoeffizient $\alpha = +\,5 \cdot 10^{-6}$ beträgt. Die Widerstände sind ferner so bemessen, daß sie sich bei Durchgang ihres Nennstromes um rd. 60 °C erwärmen. Bei mehreren Stößen kann es jedoch auch vorkommen, daß die Temperatur insgesamt um rd. 80 °C steigt. Dabei erhöht sich der Widerstand nur um 0,4 %. Auch dieser Fehler ist sehr klein.

Zusammenfassung

Bei der Messung von großen Stoßströmen mit Hilfe von Meßwiderständen und Kathodenstrahloszillograph können drei Fehlerquellen auftreten: Induktivität und Kapazität des Meßwiderstandes, Stromverdrängung in den Widerstandsdrähten und Temperaturänderung bei Durchgang des Stoßstromes. Bei den ausgeführten Meßwiderständen ergeben alle Fehlerquellen einen Gesamtmeßfehler von nur 1,2 %. Etwa den gleichen Fehler muß man bei der Auswertung des Kathodenstrahloszillogramms erwarten, so daß es praktisch nicht nötig sein dürfte, einen Meßfehler zu berücksichtigen.

Beobachtungen bei Feldstärkeregistrierungen im Kurzwellenbereich

DK 621.396.812.029.6

Bei der Schaffung der Grundlagen für eine Vorherbestimmung der Übertragungseigenschaften der kurzen Wellen werden besonders die Ergebnisse der Echotechnik der Ionosphärenforschung herangezogen[1]). Die bei Zenitreflexion gemessenen Grenzfrequenzen und scheinbaren Höhen werden nach einem bisher allerdings noch unzureichend gesicherten, im wesentlichen erst auf theoretischen Überlegungen gegründeten Verfahren zur Ermittlung der Ausbreitungswege bei schrägem Schichteinfall verwendet. Nun ist jedoch neben der die Grenzfrequenz bestimmenden Trägerdichte auch noch die Absorption ein nicht zu vernachlässigender Faktor von maßgebendem Einfluß auf die Wellenausbreitung. Da über die Absorptionsvorgänge aber bisher nur völlig ungenügende Erfahrungen vorliegen, ist das zuverlässigste Verfahren, einen für eine praktische Verwertung brauchbaren Überblick über die Ausbreitungseigenschaften verschiedener Frequenzen zu erhalten, immer noch durch unmittelbare betriebsmäßige Feldstärkebeobachtungen gegeben. Auf Grund derartiger Beobachtungen hat seinerzeit Mögel die grundlegenden Eigenschaften bei der transatlantischen Ausbreitung gefunden. Das gleiche Ziel für geringere Entfernungen wurde durch eine Reihe von Messungen verfolgt, über deren Beginn die vorliegende Arbeit berichtet. Dabei wurde im Verlaufe der noch nicht abgeschlossenen Registrierungen eine Reihe interessanter Schwundvorgänge beobachtet, deren Beschreibung und Erklärung den Gegenstand dieser Arbeit bildet. Es zeigt sich, daß der Rand der toten Zone beim Überstreichen des Empfangsortes kennzeichnende Schwundabläufe hervorruft, die in enger Beziehung zu den Echobeobachtungen bei Zenitreflexion stehen und ein anschauliches Bild des Reflexionsvorganges geben. Der in 830 km Entfernung vom Sender bei einer Wellenlänge von $\lambda = 25$ m aufgenommene Schreibstreifen (Bild 1) gibt ein Beispiel für einen derartigen Schwundablauf. Ab 17^{15} wurde die vorher ziemlich langsame Schwundperiode allmählich schneller. Gleichzeitig trat eine oberwellenartige Aufrauhung auf, deren Periode sich langsam der Grundperiode des Schwundes anglich, worauf schließlich eine Auflösung des regelmäßigen Schwundverlaufes eintrat. Nach 9 min erfolgte nach einem vorangehenden, leichten Steigen der mittleren Feldstärke und einem letzten steilen Maximum ein plötzliches Absinken auf einen kleineren, aber bis auf schwache Schwebungen völlig konstanten Wert. Diese Konstanz, die bei so großen Entfernungen vom Sender überraschend ist, dauerte hier etwa 4 min, kann aber, wie weitere Messungen zeigten, einen Zeitraum bis zu 15 min ausfüllen. Am Ende dieses Zeitraumes traten schnell wachsende Schwebungen auf, die sich dem konstanten Wert überlagerten, zuletzt noch zu einem abermaligen steilen Anwachsen der Feldstärke führten, worauf der Empfang bis auf eine Streustrahlung von etwa 1% der vorherigen Raumfeldstärke verschwand. Die Erklärung dieser Untergangserscheinung ergibt sich zwanglos aus den Ergebnissen der Ionosphärenforschung. Die regelmäßigen, zunächst noch langsamen, dann schneller werdenden Schwebungen, die einige Zeit vor dem Untergang einsetzen, entstehen durch Interferenz zwischen den beiden magnetischen Komponenten der Strahlung. Die sich der Grundschwebung überlagernde, diese aufrauhende Schwebung ist vermutlich mit der Fernstrahlung der zuerst verschwindenden ordentlichen Komponente zu identifizieren. Nach dem Durchgehen der ordentlichen Komponente bleibt die außerordentliche, nahezu zirkular polarisierte Komponente zurück, die als solche in der Vertikalantenne eine amplitudenkonstante EMK induziert. Mit fortschreitender Annäherung der Trägerdichte an die Grenzionisation werden die Ausbreitungswege der Nah- und Fernstrahlung der außerordentlichen Komponente allmählich gleich, wobei die Dämpfung der Fernstrahlung rasch abnimmt. Sie interferiert mit schnell steigender Schwebungsamplitude und langsamer werdender Periode mit der Nahstrahlung. Nachdem schließlich noch der zweifache Amplitudenwert erreicht wird, verschwindet der Empfang bis auf die Streustrahlung. Das Schnellerwerden der Schwebungen kurz vor dem Aussetzen der ordentlichen Komponente erklärt sich durch das Anwachsen des Gangunterschiedes zwischen beiden Komponenten beim Durchgehen der einen, das Langsamerwerden der Schwebung zwischen Nah- und Fernstrahlung der außerordentlichen Komponente aus der erwähnten Abnahme des Gangunterschiedes zwischen Nah- und Fernstrahlung. Dieser Typus des Auf- oder Unterganges wurde im Winter in etwa 80% aller Fälle beobachtet. In einigen Fällen wurden abnormale Auflösungsvorgänge beobachtet, die auf eine dreifache Aufspaltung der Strahlung schließen lassen. Im weiteren Verlauf der Arbeit wird der die Auflösungserscheinungen verwaschende Einfluß der Absorption untersucht, der besonders im Sommer zu weniger klaren Auflösungen führt. Durch gleichzeitige Beobachtung der Auf- und Untergänge in verschiedenen Entfernungen vom Sender wurde die Wanderungsgeschwindigkeit der toten Zone ermittelt. Einer Entfernungsdifferenz von 300 km entspricht danach ein Unterschied der Untergangszeiten von 2 Stunden. Die gleiche Entfernungsabhängigkeit gilt für die Aufgangszeiten. Mit wachsender Entfernung vom Sender steigt also, wie es sein muß, die Übertragungsdauer.

eb.

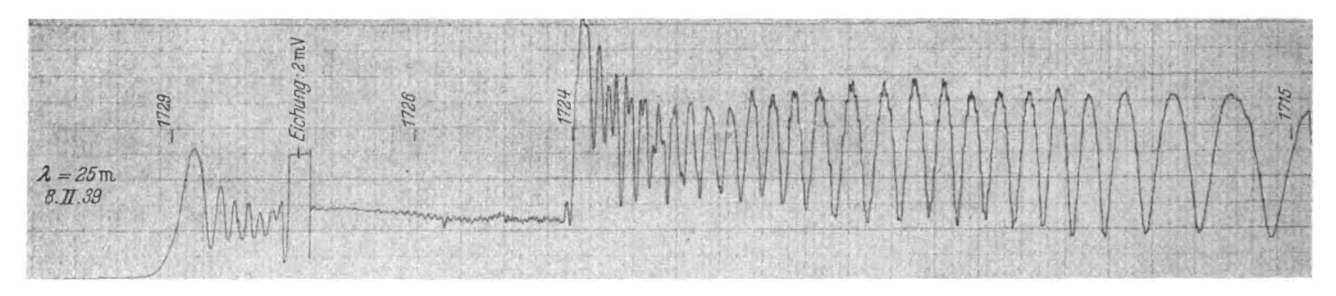


Bild 1. Untergang der 25 m-Welle in 830 km Entfernung vom Sender, gemessen am 8. 2. 1939.

1) J. Großkopf, Telegr.-, Fernspr.-, Funk- u. Fernseh-Techn. 20 (1940) S. 127; 10½ S., 20 B.

Vorschriften für den Bau von Starkstromfreileitungen

VDE-Ausschuß für Freileitungen

DK 621.315.17(033.133.1)

VDE 0210 g/XII.40

10. Änderung der ab 1. Januar 1930 gültigen Fassung

Gültig ab 1. Februar 1941[1])

§ 12

Isolatoren

c) Zweiter und dritter Absatz:

Kettenisolatoren in Abspannlage sind so zu bemessen, daß bei Verwendung genormter Isolatoren der nach den jeweils gültigen DIN-Normen*) vorgeschriebene, bei Verwendung nicht genormter Isolatoren der gewährleistete Dauerlastwert des Isolators gleich der Dauerlast der Leitung ist; jedoch braucht der Dauerlastwert des Isolators nicht mehr als das 1,85-fache des Höchstzuges der Leitung zu betragen.

Der Dauerlastwert von *n*-fach-Ketten kann gleich dem *n*-fachen Dauerlastwert einer Einfach-Kette gesetzt werden, wenn gewährleistet ist, daß die einzelnen Isolatorenketten durch den Leitungszug gleichmäßig belastet werden.

1) Genehmigt durch den Vorsitzenden des VDE im Dezember 1940.

*) Zur Zeit gilt DIN 48007, 48009, 48014.

§ 20

Allgemeines

e) Holzmaste müssen gegen Fäulnis wirksam geschützt sein. Gegen Fäulnis geschützte Maste sind nur in Verbindung mit Erdfüßen zulässig [siehe § 30a)]. Dies gilt nicht für Freileitungen für vorübergehende Zwecke, die nicht länger als drei Jahre stehen bleiben.

Ungetränkte Holzmaste von auf steinigem Boden frei gewachsenen Gebirgslärchen (Stein- oder Rotlärchen) sind den gegen Fäulnis wirksam geschützten Masten aus Nadelhölzern gleichwertig.

Ein- oder mehrmaliger Anstrich gilt nicht als wirksamer Schutz gegen Fäulnis.

Bei Verwendung von drehwüchsigen Holzmasten ist Vorsicht geboten.

§ 31

(Erdungen)

b) Stehen Holzmaste einer Freileitung an verkehrsreichen Fahrwegen, so müssen bei Verwendung von Stützenisolatoren solche mit einer höheren Durchschlagspannung oder solche der nächst größeren Bauart der gleichen Ausführung als auf den anschließenden Strecken gewählt werden.

Maßnahmen, die den Widerstand der Holzmaste herabsetzen, sollen vermieden werden. Stützen, Querträger oder sonstige Metallteile, die die Isolatoren tragen, sollen also nicht geerdet werden.

§ 32

Kreuzungen und Parallelführungen

g) Erster Absatz, letzter Satz:

Bei schiffbaren Wasserläufen, die nicht in den W.K.V. verzeichnet sind, genügt die Ausführung der Starkstrom-Freileitungen mit erhöhter Sicherheit nach § 33.

§ 35

(Bahn-, Post- und Wasserstraßen-Kreuzungen)

a) Lichtraum und Leitungsabstände.

6. Erster Satz:

Wenn Starkstromleitungen mit Nennspannungen von 1 kV und darüber an Doppel- oder Mehrfachketten befestigt sind, muß bei Bruch eines Isolators einer Doppel- oder Mehrfachkette bei größtem Durchhang noch ein Abstand von 1,5 m von den Leitungen der Bahn-, Post- und Wasserstraßen-Verwaltung vorhanden sein.

9. Der gegenseitige Abstand der Starkstromleitungen im Kreuzungsfeld darf nicht kleiner als $U_n/150$, in Metern gemessen, werden, muß aber mindestens 0,2 m betragen, wenn entweder bei Doppel- oder Mehrfach-Abspannketten und bei + 40° ein Isolator einer Doppel- oder Mehrfachkette oder bei senkrecht hängenden Ketten unter Zugrundelegung der Höchstzugspannung ein Seil in einem Nachbarfeld gerissen ist.

c) Befestigung der Leitungen an Stützenisolatoren.

5. An Postkreuzungen durch Starkstromleitungen mit Nennspannungen von 1 kV und darüber müssen die Isolatoren eine Mindestüberschlagspannung bei Regen von 1,1 (2,2 U + 20) kV haben. Wenn Starkstromleitungen mit Nennspannungen von 1 kV und darüber auf Holzmasten verlegt sind, sind an Postkreuzungen Isolatoren mit einer höheren Durchschlagspannung oder Isolatoren der nächst größeren Bauart der gleichen Ausführung als auf den anschließenden Strecken zu verwenden.

d) Befestigung der Leitungen an Kettenisolatoren.

1. An Kettenisolatoren verlegte Leitungen sind im Kreuzungsfeld an je zwei Isolatorenketten aufzuhängen. An Kreuzungsmasten sind die Leitungen an Doppel- oder Mehrfachketten abzuspannen. Die Aufhängepunkte dieser Abspannketten sind nebeneinander anzuordnen.
2. Von der Abspannung der Leitungen an den Kreuzungsmasten kann abgesehen werden, wenn die Leitungen an senkrecht hängenden Doppelketten (Doppel-Tragketten) aufgehängt und an dem Querstück zwischen den Hängeketten so befestigt sind, daß beim Reißen des Seiles im Nachbarfeld die Ketten als Abspannketten wirken. Dabei müssen die Kettenisolatoren die erforderliche Festigkeit nach 6. haben.
6. n-fach-Ketten in Abspannlage müssen einen Dauerlastwert haben, der gleich dem 2-fachen der Dauerlast der Leitung im Kreuzungsfeld ist. Der Dauerlastwert der Einzelkette braucht jedoch nicht größer zu sein als das $1{,}85 \cdot \frac{2}{n}$-fache des Höchstzuges der Leitung im Kreuzungsfeld, wenn gewährleistet ist, daß die einzelnen Isolatorenketten durch den Leitungszug gleichmäßig belastet werden. Der Dauerlastwert der Einzelkette darf ferner nicht kleiner sein als der Dauerlastwert der Isolatoren in den anschließenden Strecken.

g) Werkstoff, Berechnung und Beanspruchung der Maste, Fundamente, Querträger und Stützen.

7. Bei Bahn- und Wasserstraßen-Kreuzungen darf ein Kreuzungsfeld durch einen oder zwei Trag- oder Winkelmaste unterteilt werden. Zwischenmaste in der Geraden, die mit Tragketten ausgerüstet sind, sind wie Tragmaste auf freier Strecke zu berechnen. Holzmaste sind nur als Tragmaste zulässig; sie müssen als A-Maste ausgebildet sein. Bei Winkelmasten dürfen die Leitungen in der Waagerechten keinen kleineren Winkel als 165° miteinander bilden. Bei kleineren Winkeln als 165° sind die Maste als Kreuzungsmaste zu berechnen.

13. Die größte Belastung (Normalbelastung) durch Leitungszug wird für die Berechnung der Kreuzungsmaste und der Fundamente ermittelt, und zwar unter der Annahme, daß

    1. sämtliche Leitungszüge in allen von einem Kreuzungsmast abgehenden Feldern wirksam sind, oder
    2. in einem oder mehreren, von einem Kreuzungsmast abgehenden Nachbarfeldern nur ein Drittel der Leitungszüge wirkt.

    Bei Bahnkreuzungen ist statt der 2. Annahme damit zu rechnen, daß in einem oder mehreren, von einem Kreuzungsmast abgehenden Nachbarfeldern sämtliche Leitungszüge unwirksam sind. Für die zulässigen Spannungen gilt § 24a), Tafel IV, Spalte 2. Die Wirkung von Streben ist bei der Berechnung einfacher Holzmaste nicht zu berücksichtigen.

16. Kreuzungsmaste mit Kettenisolatoren sind außer für die Normalbelastung (siehe Ziffer 13) unter der Annahme, daß durch das Reißen einer Nachbarfeldleitung ein zeitweises Drehmoment entsteht, noch auf Verdrehen zu berechnen (Belastung bei Leitungsbruch). Winddruck kann hierbei vernachlässigt werden. Für die zulässigen Spannungen gilt § 24a), Tafel IV, Spalte 3. Der Bruch von Erdseilen, die so beschaffen und verlegt sind, daß sie eine größere Zusatzlast als die Spannung führenden Leitungen aushalten, kann unberücksichtigt bleiben. Für Maste nach Ziffer 7. und 8. ist eine Berechnung auf Verdrehen nicht nötig.

§ 36

(Freileitungen für Nennspannungen unter 1 kV)

t) drittletzter Absatz:

Die Bestimmungen in § 32g) 1. bis 3. Absatz gelten nicht, wenn bei Unterkreuzungen von Fernmelde-Freileitungen einschließlich der Freileitungen der Reichspost über der Starkstromanlage geerdete Schutzdrähte so angebracht werden, daß eine herabfallende Fernmeldeleitung sicher geerdet wird, bevor sie eine Spannung führende Leitung berühren kann. Bei Hausanschlüssen, die nur aus einem Außenleiter und dem Nulleiter bestehen, genügt entweder ein Schutzdraht, der senkrecht über den anderen Leitungen angebracht ist, oder die Anbringung des als Schutzdraht benutzten Nulleiters senkrecht über dem Außenleiter. Aluminium und seine Legierungen sind für Schutzdrähte nicht zu verwenden, da eine sichere Erdung hierbei nicht gewährleistet ist.

§ 37

Unterhaltung der Bauteile aus Stahl

b) Die sichere Erdung von geerdeten Schutzdrähten bei Kreuzungen ist in angemessenen Fristen zu überprüfen.

Anhang

Anleitung für die Prüfung der Verzinkungsgüte bei der Abnahme verzinkter Stahldrähte und verzinkten Stahl- und Eisenzeuges für Starkstrom-Freileitungen.

II. Prüfungsmittel

a) Zur Prüfung ist eine wässerige Lösung von chemisch reinem Kupfervitriol ($CuSO_4 \cdot 5\,H_2O$) zu verwenden, und zwar:

1. für verzinkte Stahldrähte eine Lösung von 20 Gewichtsteilen Kupfervitriol in 100 Gewichtsteilen Wasser,
2. für sonstiges verzinktes Stahl- und Eisenzeug eine gesättigte[4]) Lösung.

[4]) Eine gesättigte Lösung ist vorgesehen, weil eine 20%-ige zu geringe Ätzwirkung hat und die Prüfdauer namentlich bei umfangreichen Prüfstücken erheblich verlängern würde.

Eine Sättigung der Lösung liegt vor, wenn bei

+ 10° 33 Gewichtsteile Kupfervitriol
+ 20° 39 „ „
+ 30° 46 „ „

in 100 Gewichtsteilen Wasser enthalten sind.

Man setzt zweckmäßig die Lösung im Verhältnis von 40 zu 100 an und gibt allmählich noch so viel Kupfervitriol hinzu, bis ein ungelöster Überschuß am Boden des Gefäßes liegen bleibt. Um etwaige freie Säure zu neutralisieren, ist der Zusatz einer geringen Menge $Cu(OH)_2$ notwendig.

b) Die zur Prüfung zu benutzenden Gefäße müssen ein im Verhältnis zur Oberfläche des zu prüfenden Gegenstandes großes Fassungsvermögen[5]) haben.

III. Ausführung.

a) Erster Satz:

Der zu prüfende Gegenstand wird, nötigenfalls nach Entfettung (Abreiben mit Alkohol) gut abgespült[6]) und in das mit Kupfervitriollösung gefüllte Gefäß bei 20° hineingehängt.

[5]) wie bisherige Fußnote 6).
[6]) wie bisherige Fußnote 7).
[7]) wie bisherige Fußnote 8).

Leitsätze für die elektrische Ausrüstung von Werkzeugmaschinen zur Metallbearbeitung

VDE-Arbeitsgruppe „Werkzeugmaschinen"

DK 621.9 : 621.315.6(083.133.1)

VDE 0113

Entwurf

Einspruchsfrist: 1. März 1941

Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfes auf eigene Gefahr

Inhaltsübersicht

I. Gültigkeit

§ 1

Geltungsbeginn

Diese Leitsätze treten am .... in Kraft[1]).

Für die Verwendung bleiben solche Ausrüstungen, die bis zum .... fertiggestellt sind und diesen Leitsätzen nicht entsprechen, auch weiterhin zulässig, wenn sie nicht gegen die jeweils für die Verwendung geltenden VDE-Bestimmungen verstoßen.

§ 2

Geltungsbereich

Diese Leitsätze gelten für Werkzeugmaschinen zur Metallbearbeitung.

II. Bestimmungen

§ 3

Schutz gegen zufällige Berührung

a) Die unter Spannung stehenden, nicht mit Isolierstoff bedeckten Teile müssen gegen zufällige Berührung geschützt sein (Ausnahmen sind gestattet bei Schweißanlagen, Glüh- und Schmelzöfen u. dgl.).

Lackierung, Emaillierung oder Oxydierung allein gilt nicht als Isolierung im Sinne des Berührungsschutzes.

b) Abdeckungen, Schutzgitter u. dgl. müssen mechanisch widerstandsfähig sein und zuverlässig befestigt werden. Die Schutzverkleidungen der Leitungen müssen beim Anbau an Maschinen in die Schutzverkleidung der Maschinen und Geräte eingeführt werden.

c) Eingebaute elektrische Geräte mit nicht abgedeckten, blanken, Spannung führenden Teilen dürfen erst nach Öffnen eines nur durch Werkzeug bedienbaren Verschlusses zugänglich sein. Diese Geräte sind von mechanischen Einbauteilen, die betriebsmäßig zugänglich sein müssen, räumlich zu trennen.

d) Elektrische Geräte, die dem Bedienenden zum Betrieb der Werkzeugmaschine zugänglich sein müssen, dürfen mit Geräten nach c) nicht zusammen eingebaut werden, wenn zur Bedienung erst der Verschluß geöffnet werden müßte.

[1]) Genehmigt durch ....

§ 4

Schutz gegen zu hohe Berührungsspannung

a) Schutzmaßnahmen sind bei Werkzeugmaschinen mit Spannungen über 65 V gegen Erde anzuwenden. Elektrische Betriebsmittel müssen mit einer fabrikationsmäßig angebrachten Schutzleitungsschraube versehen sein. Die der Berührung zugänglichen, nicht Spannung führenden Metallteile der an- oder eingebauten elektrischen Geräte und Maschinen sind durch Schutzleitungen miteinander und mit dem metallenen Körper der Werkzeugmaschinen leitend zu verbinden. Zu schützen sind also alle zur elektrischen Ausrüstung gehörenden Metallteile, die unmittelbar Spannung annehmen können, und zwar dann, wenn sie entweder großflächig, d. h. mit der vollen Handfläche berührt werden können, wie z. B. Gehäuse von Geräten und Maschinen, oder wenn sie mit metallenen, in Reichhöhe befindlichen Konstruktionsteilen in leitender Verbindung stehen.

b) Metallteile, die mit dem Schutzleitungsanschluß der Werkzeugmaschine in leitender Verbindung stehen, können die Schutzleitung ersetzen, wenn die zu schützenden elektrischen Geräte und Maschinen bearbeitete Befestigungsflächen besitzen, die nach Anziehen der Befestigungsschrauben einen einwandfreien Stromdurchgang gewährleisten.

c) Befinden sich im Stromweg einer Schutzleitung Gleit- oder Laufflächen, bei denen der sichere Stromdurchgang nicht gewährleistet ist, so sind die auf den gleitenden Metallteilen aufgebauten elektrischen Geräte an den Schutzleiter anzuschließen.

d) Schutzleitungen sind stets in der gemeinsamen Schutzhülle mit den zugehörigen Stromzuführungsleitungen zu verlegen. Sie sind rot zu kennzeichnen.

e) An Klemmkörpern, auch in Dosen, ist stets eine besondere Klemme für den Anschluß der Schutzleitung vorzusehen.

An Stellen, an denen eine Verbindung von Schutzleitungen mit dem metallenen Körper der Werkzeugmaschine vorzunehmen ist, müssen so viele Klemmen oder Klemmstellen vorhanden sein, wie Schutzleitungen enden.

Die Klemmen für Schutzleitungen müssen ebenso groß sein wie die zugehörigen Stromzuführungsklemmen.

f) Steckvorrichtungen (Dose und Stecker) müssen mit Schutzkontakt versehen sein.

Steckerleitungen müssen stets einen Schutzleiter enthalten, für den die rote Ader zu verwenden ist.

§ 5

Isolationszustand

a) Jede elektrische Einrichtung einer Werkzeugmaschine muß einen angemessenen Isolationszustand haben.

Durch eine Prüfung ist nachzuweisen, daß die gesamte elektrische Einrichtung bei der Lieferung keinen Körperschluß aufweist.

b) Die Prüfung ist mit der Betriebsspannung, mindestens mit 220 V, auszuführen. Hierbei können Geräte mit Betriebsspannungen unter 65 V abgeschaltet werden.

c) Ist eine gemeinsame Prüfung aller angeschlossenen elektrischen Teile nicht möglich, so sind die Stromwege einzeln zu überprüfen.

d) Sind Leitungen verschiedener Netze in einer Werkzeugmaschine zusammen verlegt, so sind diese mit den Anschlußklemmen sowohl gegeneinander als auch gegen Körper mit der höchstvorkommenden Betriebsspannung zu prüfen

§ 6

Netzanschluß

a) Jede Werkzeugmaschine ist mit den erforderlichen Klemmen für den Netzanschluß zu versehen. Diese Netzanschlußstelle ist gegen zufällige Berührung fest abzudecken und an der Maschine so anzuordnen, daß die Leitungen ordnungsgemäß eingeführt werden können. Die Leitungseinführung ist der vorgesehenen Leitungsart anzupassen, z. B. für Kabel durch Kabelendverschluß, für kabelähnliche Leitungen durch Stopfbuchsverschraubungen, für Stahlrohr durch Gewinde.

b) Bei Werkzeugmaschinen mit getrennt angeordneten Schaltschränken wird der Netzanschluß zweckmäßig am Schaltschrank vorgesehen. Für die Verbindungsleitungen zwischen Schaltschrank und Werkzeugmaschine sind an dieser geeignet angeordnete und geschützte Klemmenkästen vorzusehen.

c) Auf der Netzanschlußstelle sind außer den Klemmen für die Außenleiter eine isolierte Klemme für den Mittelpunktsleiter und eine mit dem Maschinenkörper verbundene Klemme anzuordnen mit den Bezeichnungen nach VDE 0570 „Regeln für Klemmenbezeichnungen",

z. B. bei Drehstrom: R–S–T–Mp–(⏚)

bei Gleichstrom mit Mittelleiter: P–N–Mp–(⏚)

bei Gleichstrom ohne Mittelleiter: P–N–(⏚)

§ 7

Allgemeine Gesichtspunkte für die Unterbringung der elektrischen Einrichtungen

a) Ein Zusammenfassen der elektrischen Schalt- und Steuergeräte ist anzustreben.

b) Der Einbau von Geräten in den Maschinenkörper ist anzustreben, da hierdurch der vollkommenste Schutz erreicht werden kann[2]). Beim Einbau ist sowohl für die Geräte als auch für die Anschlußklemmen und Verbindungsleitungen mit Rücksicht auf die Wartung auf eine gute Zugänglichkeit aller Kontakte und Anschlußstellen zu achten und ein genügender gegenseitiger Abstand einzuhalten. Ist dies nicht möglich, so ist von Schaltschränken Gebrauch zu machen.

c) Elektrische Geräte und die Leitungsverlegung sind so unterzubringen, daß schädliche Einwirkungen auf die Geräte, ihre Anschluß- und Einführungsstellen durch Feuchtigkeit, Metallspäne, Stoß oder Reibung u. dgl. verhindert werden. Gegebenenfalls sind besondere konstruktive Maßnahmen durch die Anordnung von Tropfkanten, Schutzrinnen u. dgl. anzuwenden. Insbesondere ist zu beachten, daß bei abnehmbaren Abdeckungen der Dichtungszustand auf die Dauer erhalten bleibt.

§ 8

Schutzarten der Motoren

Bei eingebauten Motoren haben die Werkzeugmaschinen den Schutz des Motors zu übernehmen. Bei angebauten Motoren ist die Schutzart entsprechend den Arbeitsbedingungen der Werkzeugmaschinen zu wählen, wobei für die Schutzarten DIN VDE 50 gilt. Im allgemeinen ist die Verwendung geschlossener Bauarten nach P 33 anzustreben. Abdeckungen für die Anschlußstellen sind entsprechend der Motorschutzart und den Arbeitsbedingungen auszubilden. Die Einführungsstellen sind der verwendeten Leitungsart anzupassen. Z. B. ist bei Kabeln ein Kabelendverschluß, bei kabelähnlichen Leitungen eine Stopfbuchsverschraubung und bei Stahlrohren ein Gewinde vorzusehen. Die Anschlußklemme des Schutzleiters muß innerhalb der Abdeckung des Motoranschlusses liegen.

§ 9

Schutzarten von Geräten

Bei der Schutzart von Geräten ist zwischen Einbau und Anbau zu unterscheiden.

Die angebauten Geräte müssen entsprechend ihrem Verwendungszweck eine Schutzart erhalten, die das Gerät gegen mechanische Beschädigung und gegen das allseitige Eindringen von Spänen, Wasser und Öl schützt (Schutzart P 33 und 43 nach DIN VDE 50). Soweit dieser Schutz nicht durch die Geräteschutzart erreicht wird, sind die Geräte geschützt einzubauen.

Abdeckungen aus Metall oder Isolierpreßstoffen müssen unter Berücksichtigung ihrer Eignung, insbesondere der notwendigen Festigkeit, ausgewählt sein.

Die Anschlußstellen für die Leitungen an Geräten für den Anbau sind gemäß § 10 auszubilden.

[2]) Vgl. DIN 1817 „Werkzeugmaschinen: Einbautafeln für Schaltgeräte".

§ 10

Hauptschalter

Jede Maschine ist mit einem handbetätigten Hauptschalter auszurüsten, durch den die Leitung und Geräte in und an der Maschine vom Netz abgetrennt werden können. Werkzeugmaschinen mit getrennt aufzustellenden Schaltschränken gelten als Einheit. (Der Hauptschalter muß den Maschinennennstrom schalten können.)

Fernbetätigte und selbsttätige Schaltgeräte dürfen dann als Hauptschalter dienen, wenn sie Handausschaltung besitzen, durch die alle Pole der Haupt- und Steuerstromkreise zwangsläufig geöffnet werden.

Schalter verschiedener Netze sind mechanisch zu kuppeln.

Dient der Hauptschalter zugleich zum unmittelbaren Ingangsetzen der Werkzeugmaschine, so muß der Schalter vom Standpunkt des die Maschine Bedienenden erreichbar und unbeabsichtigtes Einschalten ausgeschlossen sein. Hauptschalter sind auffällig mit roter Farbe zu kennzeichnen.

Steckvorrichtungen für eine Nennaufnahme bis 2500 W, bei denen die Stromstärke von 25 A nicht überschritten wird, gelten als Hauptschalter.

§ 11

Leitungsbemessung

a) Elektrisch betriebene Werkzeugmaschinen gelten im Sinne dieser Leitsätze als elektrische Geräte, daher finden die Bestimmungen des § 14 von VDE 0100/XII. 40 über das Anbringen von Stromsicherungen auf die elektrische Leitungsanlage der Werkzeugmaschine keine Anwendung, mit Ausnahme der Zuleitung.

b) Die Leitungsquerschnitte müssen entsprechend dem zulässigen Dauerstrom der an sie angeschlossenen Motoren und Geräte nach Spalte 2, 3 und 4 der Tafel I bemessen werden.

Bei Schalthäufigkeiten von mehr als 120 in der Stunde gilt für die Bemessung des Leitungsquerschnittes der quadratische Mittelwert des Einschalt- und Belastungsstromes als zulässiger Dauerstrom.

Für die Bemessung des Netzanschlusses gilt als Nennstrom die Summe der nach b) ermittelten Ströme aller angeschlossenen Motoren und Geräte, die gleichzeitig in Betrieb sein können. Dieser Wert ist auf dem Leistungsschild der Werkzeugmaschine anzugeben.

Tafel I. Zulässige Belastungen

1	2	3	4	5	6
Nennquerschnitt des Leiters	höchste dauernd zulässige Stromstärke in fest verlegten Leitungen*) mit		höchste dauernd zulässige Stromstärke für bewegliche Leitungen **) mit	Nennstromstärke der höchsten zulässigen Kurzschlußsicherung***) für	
	Kupferleitern	Aluminiumleitern	Kupferleitern	Kupferleiter	Aluminiumleiter
mm²	A	A	A	A	A
1,5	16	—	21	35	—
2,5	21	16	27	50	35
4	27	21	35	60	50
6	35	27	48	80	60
10	48	38	66	100	80
16	65	51	90	125	100
25	88	69	110	160	125
35	110	86	140	200	160
50	140	110	175	225	200

*) In Rohr, als Rohrdraht oder kabelähnliche Leitung.

**) Ungeschützte Gummischlauchleitung. Für geschützt verlegte Gummischlauchleitung (wie z. B. in Metallschläuchen) gelten die Werte der Spalte 2.

***) Siehe § 14 a).

§ 12

Überlast- und Kurzschlußschutz

a) Für die Leitungen der Werkzeugmaschinen wird kein Überlastschutz, dagegen ein Kurzschlußschutz gefordert. Stromsicherungen (Schmelzsicherungen und Selbstschalter) können mit Vorteil verwendet werden, um im Störungsfall einzelne Motoren oder Geräte abzutrennen, ohne daß der übrige Betrieb dabei gestört wird. Motorschutzschalter sind mit Rücksicht auf die allpolige Umschaltung bei Motoren mit Dauerbetrieb zu empfehlen.

b) Zum Kurzschlußschutz sind Sicherungen vorzusehen, die die Werte der Tafel I, Spalte 5 und 6, nicht überschreiten dürfen. Sie müssen vor den zu schützenden Leitungen liegen. Die Kurzschlußsicherungen für den stärksten Querschnitt in der Maschine sind außerhalb der Maschinen vorzusehen. Der Höchstwert dieser Sicherung, der mit Rücksicht auf den stärksten Querschnitt zugelassen ist, ist auf dem Leistungsschild anzugeben.



Nachgeordnete Sicherungen, die auf Grund von Querschnittsverminderungen notwendig sind, müssen in der Maschine oder dem Schaltschrank eingebaut sein.

Bei der Verwendung von Motorschutzschaltern nach VDE 0665, Leitungsschutzschaltern nach VDE 0641 oder anderen Strombegrenzungsschaltern etwa erforderliche Grobsicherungen sind nach den Anforderungen für die Schalter und nicht nach Spalte 5 und 6 der Tafel zu wählen. Dieser durch Schalter geforderte Wert muß auf dem Leistungsschild der Werkzeugmaschine angegeben sein.

§ 13

Verlegung und Beschaffenheit der Leitungen

a) Die Betriebssicherheit einer Werkzeugmaschine hängt in hohem Maße von der Wahl des bestgeeigneten Leitungsmaterials, der zweckmäßigen Anordnung und einer sorgfältigen Verlegung ab. Im besonderen ist das Eindringen von Wasser, Öl und Metallstaub an den Einführungsstellen der Leitungen in Geräte oder Maschinen zu verhindern.

Bereits bei dem Entwurf der Werkzeugmaschine ist auf die günstigste Leitungsführung durch entsprechende Vorkehrungen (z. B. Kanäle) innerhalb der Maschine, Paßflächen zum Anbau von Geräten, Klemmleisten an der Maschine, zu achten.

b) Die elektrischen Maschinen und Geräte werden vor Lieferung einer eingehenden Prüfung unterzogen. Die damit erreichte elektrische Sicherheit kann durch ungeeignetes Leitungsmaterial, unzweckmäßige Verlegung und ungenügenden mechanischen Schutz der Leitung stark beeinträchtigt werden. Es sind deshalb die folgenden Mindestanforderungen zu erfüllen, um die Betriebssicherheit der Werkzeugmaschine sicherzustellen:

1. Die Leitungen sind in und an der Maschine so zu verlegen, daß bei zusammengebauter Maschine das Einziehen der Leitungen ohne Beschädigung möglich ist. Werden Einzelleitungen in Rohren oder in vorgegossenen Kanälen verlegt, so sind deren Querschnitte reichlich zu wählen. Scharfe Krümmungen und Kanten sind zu vermeiden. Frei endende Rohre müssen mit Tüllen oder abgerundeten Enden versehen sein.
2. Die Leitungen sind an Stellen, an denen sie Beschädigungen irgendwelcher Art ausgesetzt sind, in geeigneter Weise zu schützen. Das Eindringen von Wasser, Öl und Metallstaub in die Geräte und die Leitungsanlage ist durch geeignete Leitungsführung, Abdichtung und der Leitungsart angepaßte Garnituren sicher zu verhindern.

   Die Enden von Leitungen, die zu Klemmen führen, sind ebenfalls gegen diese Einwirkungen zu schützen.

   Die Verwendung von Metallschläuchen für Werkzeugmaschinen ist zulässig, wenn keine der vorgenannten Einwirkungen zu erwarten ist. Außerdem ist zu beachten, daß bei fester Verlegung an Maschinen die Metallschläuche nur einen geringen mechanischen Schutz bieten. Durch die Verwendung von Metallschläuchen dürfen die Leitungen nicht zusätzlich beansprucht werden; sie sind deshalb zu befestigen. Die freien Enden von Metallschläuchen innerhalb von Maschinen sind mit Abschlußtüllen zu versehen. Alle Einführungen in Maschinen und Geräte sind durch Verschraubung, z. B. Überwurfmutter, herzustellen, wobei der Druckring fest mit dem Schlauch verbunden ist. Die Einführungen sind so anzuordnen, daß Biegebeanspruchungen des Metallschlauches an der Einführungsstelle vermieden werden.
3. Leitungsverbindungen untereinander und an Abzweigstellen dürfen nur an fest angeordneten Klemmkörpern vorgenommen werden. Klemmen ohne Befestigung sind nicht zulässig. Es sind zweckmäßigerweise geschlossene, gegen Eindringen von Wasser, Öl und Metallstaub geschützte Klemmkästen zu verwenden.
4. Für jede Werkzeugmaschine sind die erforderlichen Schaltpläne der Maschinen beizufügen. Neben der Schaltung sollen auch die Lage der Klemmkästen, die Klemmen und deren Bezeichnung sowie Leitungsart und -querschnitt ersichtlich sein. Die Klemmenbezeichnungen der Maschinen müssen mit denen in den Schaltplänen übereinstimmen.
5. Bei der Auswahl der Leitungsart sind die zu erwartenden Beanspruchungen hinsichtlich mechanischer Festigkeit, Einwirkungen durch Wasser, Öl, Späne und äußerliche Temperatureinflüsse zu berücksichtigen, soweit nicht durch die Art der Verlegung und Beschaffenheit der Leitungen, der Leitungsführung und des zusätzlichen Schutzes der Leitung diese Einwirkungen ferngehalten sind.

§ 14

Steuerstromkreise

a) Die Steuerspannung in Drehstromnetzen für die Schaltgeräte von Werkzeugmaschinen ist 220 V Wechselstrom. Diese Bestimmung gilt nicht für Feinmeß- und ähnliche Einrichtungen, die mit einer niedrigen Spannung arbeiten.

b) Weicht die Betriebsspannung für die motorischen Antriebe von derjenigen der Steuerspannung ab, so ist durch Transformatoren eine Steuerspannung von 220 V herzustellen.

c) Beim Anschluß an Netze mit Spannungen von 380/220 V kann die Spannung gegen den Sternpunktleiter (220 V) als Steuerspannung verwendet werden.

d) Transformatoren zur Erzeugung der Steuerspannung (Steuertransformatoren) müssen für die Ober- und Unterspannung voneinander vollwertig isolierte Wicklungen haben.

e) Für die Bemessung des Steuertransformators sind die zu gleicher Zeit auftretenden Einschaltströme der Steuergeräte maßgebend, wobei die Spannung an den Klemmen nicht mehr als 5% sinken darf.

f) Bei Gleichstrom darf die Steuerspannung 220 V nicht überschreiten.

g) Steuerstromkreise müssen in den gegen Erde Spannung führenden Leitungen Sicherungen von höchstens 15 A haben, sofern die Hauptsicherung größer als 15 A ist. Für zusammenhängende Steuerstromkreise von Mehrmotorenantrieben sind nur gemeinsame Sicherungen zulässig.

h) Bei Anordnung von Steuersicherungen ist darauf zu achten, daß das Durchschmelzen einer Steuersicherung keine Gefährdung des Betriebes mit sich bringt, gegebenenfalls muß in solchen Fällen der Hauptstrom der Werkzeugmaschine selbsttätig abgeschaltet werden.

i) Die der Sicherung dienenden Unterbrechungen in Steuerstromkreisen, z. B. Endschalter, Druckknöpfe, dürfen nur in der gegen Erde Spannung führenden Leitung, nicht im Sternpunktleiter, liegen.

k) Die Anschaltung der Steuerstromkreise an den Hauptstromkreis gehört zur inneren Schaltung der Werkzeugmaschine. Der Anschluß der Werkzeugmaschine muß vollzogen sein, wenn die Verbindung zwischen den Hauptklemmen und dem Netz richtig und unter Berücksichtigung des Drehfeldes vorgenommen wurde. Die Speisung der Steuerstromkreise aus einem fremden Netz ist unzulässig.

l) Zum Anschluß von Steuerleitungen zwischen Werkzeugmaschine und Schaltschrank sind an beiden Stellen Klemmenleisten vorzusehen, die nach dem Leitungsplan zu kennzeichnen sind und einen ordnungsgemäßen Anschluß von Rohr oder Mehrfachleitungen gestatten. Gleichbezeichnete Klemmen sind bei der Aufstellung der Werkzeugmaschinen miteinander zu verbinden.

§ 15

Leuchten

An der Maschine vorhandene Leuchten sollen durch den Hauptschalter mit abgeschaltet werden. Bei Maschinen mit Steuerstromkreisen ist die Arbeitsplatzbeleuchtung an den Steuerstromkreis der Maschinen anzuschließen und getrennt mit 6 A zu sichern.

Bei Anschluß der Leuchten über Steckvorrichtungen sind solche mit Schutzkontakt zu verwenden.

§ 16

Aufschriften

Jede Maschine muß an gut sichtbarer Stelle und haltbar ein Schild mit folgenden Aufschriften besitzen:

1. Stromart und Frequenz
2. Betriebsspannungen
3. Steuerspannung
4. Hilfsspannung
5. Betriebsnennstrom
6. Mindestquerschnitt der Zuleitung
7. Sicherung der Zuleitung, unterteilt in

	flink	träge
Höchstnennstrom		
Mindestnennstrom		

8. Schaltplan.

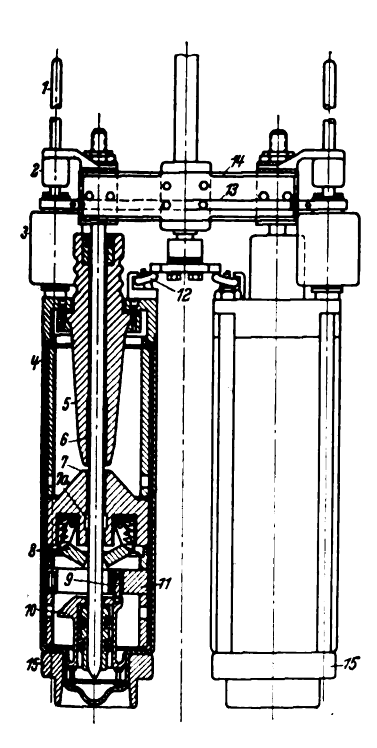
RUNDSCHAU

Geräte und Stromrichter

DK 621.316.54.064.25

Wasserschalter mit selbsterzeugter Flüssigkeitsströmung. [Nach W. F. Skeats und W. R. Saylor, Electr. Engng. 59 (1940) Transactions S. 111; 5½ S., 8 B.]

Der Wunsch, Öl als Löschflüssigkeit bei Leistungsschaltern zu vermeiden, führte nun auch in den Ver. Staaten zu einer brauchbaren Konstruktion eines Wasserschalters für hohe Abschaltleistungen. Als Grundlage für die Entwicklung diente eine bei uns weniger bekannte, drüben jedoch vielfach ausgeführte Ölschalter-Bauform der sogenannten H-Type, bei der jeder Pol zwei schmale hohe, auf Stützern isoliert aufgestellte Gefäße besitzt. Die Schaltstifte werden an einer gemeinsamen Traverse nach oben bewegt, ohne die Kammern jedoch ganz zu verlassen. Die Löschung des Lichtbogens wird durch eine vom Lichtbogen selbst erzeugte Querströmung des



1 „Bajonett"
2 Gleitkontakt
3 Isolator
4 Kesselauskleidung
5 Durchführung
6 Schaltstift
7 Kammerzwischenwand mit
7a Querstromkanal
8 Metallklappen
9 Abbrennhorn für große Ströme
10 Abbrennhorn für kleine Ströme
11 Magnetsystem
12 Parallelkontakt
13 Kupferverbindung der „Bajonette"
14 bewegliche Traverse aus Holz
15 Schalteranschlüsse seitlich oder nach unten

Bild 1. Ansicht eines Schalterpoles und Querschnitt durch eine Kammer.

Öles bewirkt. Diese Bauart ist wegen der Phasentrennung besonders für Wasser als Löschflüssigkeit geeignet. Die ersten vergleichenden Versuche ergaben, daß bei Wasser etwa der gleiche Druck erzeugt wird wie bei Öl, sofern es sich um große Abschaltströme handelt; bei kleinen Strömen ist der Druck jedoch niedriger als bei Öl. Um den Leistungsbereich zu vergrößern, wurde eine Einrichtung geschaffen, die den druckerzeugenden Lichtbogen in seiner Länge vom Strom abhängig macht: Bei großen Strömen soll nur ein kurzer Lichtbogen brennen, bei kleinen Strömen soll dieser dagegen verlängert werden. Dies wird durch ein Magnetsystem erreicht, das den Lichtbogen hufeisenförmig umschließt. Infolge des verschieden starken Eisenquerschnittes bleibt ein Lichtbogen bei großer Stromstärke in der Mitte stehen, bei kleinen Strömen ist das Ende des Hufeisens noch nicht gesättigt und zieht daher den Lichtbogen in das Innere des Hufeisens hinein, wobei er durch hörnerartige Abbrandstücke in die Länge gezogen wird. Das Magnetsystem ist vollständig in eine Art Hartgummi eingebettet und dadurch gegen den Lichtbogen isoliert.

Ein Querschnitt durch das Schaltgefäß sowie der Aufbau eines Poles ist auf Bild 1 zu sehen. Beim Ausschalten trennt sich der Schaltstift *6* vom feststehenden Schaltstück und zieht den Hilfslichtbogen in das Magnetsystem *11*. Bei großen Strömen springt dieser auf das vorstehende Abbrandstück *9* nach rechts über und wird dadurch erheblich verkürzt. Bei kleinen Strömen wird er nach links gezogen, wobei sein unterer Fußpunkt auf dem Horn *10* des Abbrandringes entlangwandert und dadurch den Lichtbogen verlängert. Verschwindet der Schaltstift während dieser ersten gas- und druckbildenden Periode in der Zwischenwand *7*, so verschließen die beiden Metallklappen *8* die Durchtrittsöffnung und übernehmen den Lichtbogen, der von nun ab in zwei Teilen weiterbrennt. Jetzt steht die untere Kammer nur noch über einen S-förmigen Kanal *7a* mit dem oberen Raum in Verbindung. Die oberhalb der Gasblase stehende Flüssigkeit wird daher durch diesen Kanal ausgestoßen, wobei sie quer durch den Lichtbogen strömen muß. Damit wird die Lichtbogenlöschung herbeigeführt. Da die aus Wasser gebildeten Gase sich im Gegensatz zum Öl nach der Abkühlung fast vollständig zurückbilden, ist eine Entlüftung der oberen Kammer nicht mehr erforderlich. Dadurch entfällt auch jeglicher Flüssigkeitsauswurf, auf den schaltanlagenseitig keine Rücksicht mehr zu nehmen ist. Auch die Verdunstung wird dadurch stark zurückgehalten; nach den bisherigen Erfahrungen sinkt der Flüssigkeitsspiegel in einem Jahr um etwa 35 mm.

Dagegen muß bei Wasser nach dem Abschalten eine Lufttrennstrecke eingeschaltet werden, um Kriechstrombildung zu vermeiden. Dies geschieht auf folgende neuartige Weise: Die zwei Schaltstifte *6* eines Poles sind in einer isolierten Traverse *13* befestigt, haben jedoch Verbindung mit den Gleitschaltstücken *2*, die auf feststehenden, isoliert auf der Kammerdecke angebrachten Stiften *1*, „Bajonette" genannt, gleiten. Kurz bevor die Schaltstifte *6* beim Ausschalten ihre Endstellung erreichen, trennen sich die Gleitschaltstücke von den Bajonetten und bringen dadurch zwei Lufttrennstrecken in den Stromkreis. Der Nennstrom wird unter Umgehung der beiden Löscheinrichtungen durch die Druckkontakte *12* übertragen. Die Verwendung von Wasser hat ferner ein genaues Studium der in den Kammern befindlichen Isolierstoffe erforderlich gemacht. An Stelle von Herkolit und Fiber wurde ein synthetischer Isolierstoff, für die mit dem Lichtbogen in Berührung kommenden Teile ein lichtbogenfester Baustoff ausgesucht. Bei der Auswahl der Metallteile wurde auf Vermeiden von Korrosionen besondere Rücksicht genommen.

Eingehende Prüffeldversuche wurden an dem 500 MVA-Schalter bei 14 kV Nennspannung ausgeführt. Dabei wurden Ströme bis 26 kA abgeschaltet; die Lichtbogendauer betrug 1 bis maximal 2 Halbwellen. Kurz erwähnt werden auch Versuche an den 1000 und 1500 MVA-Schaltern, mit denen Ströme bis 60 kA erreicht wurden; die Spannung betrug hierbei 4,2 kV an einer Kammer.

Anschließend wird eine Reihe von Fragen besprochen, die auch bei uns in der ersten Entwicklungszeit der Wasserschalter Bedeutung hatten. Als Löschflüssigkeit wurde bei den Versuchen Leitungswasser benutzt, dessen Leitfähigkeit durch zahlreiche Abschaltungen sich etwa verdoppelte. (Der Anfangswert ist nicht angegeben.) Wegen des unterschiedlichen Reinheitsgrades wird jedoch für den Betrieb destilliertes Wasser empfohlen. Hinsichtlich des Frostschutzes wird auf den europäischen Brauch verwiesen. Um das Einschalten auf Kurzschluß zu erleichtern, wurde das Getriebe so geändert, daß die Leistungseinschaltung mit den Trennkontakten geschieht. Die Ausschaltgeschwindigkeit beträgt etwa 8 m/s; ihre Vergrößerung gegenüber dem Ölschalter wurde lediglich durch Verstärken der Ausschaltfeder erreicht. Um das Verhalten des Schalters beim Fehlen von Wasser festzustellen, wurde ein Stehfeuerversuch mit leeren Kammern ausgeführt, wobei keine Explosion auftrat. Das bei der Verbrennung des Isolierstoffes gebildete Gas erzeugte einen äußeren Lichtbogenüberschlag, durch den die Kammer innen entlastet wurde. Da der Wasserschalter die gleichen Abmessungen wie der bisherige Ölschalter hat, eignet er sich besonders zur Auswechslung bei der Modernisierung von Schaltanlagen. Die ersten sechs Schalter sollen seit 1938 (zur Zeit der Veröffentlichung ein Jahr) störungsfrei in Betrieb sein. *W. Kn.*



DK 621.316.57

Entwicklungsarbeiten an 400 kV-Schaltern in Rußland. [Nach W. Butkewitsch und A. Builow, Bull. WEI, Moskau (1940) H. 1, S. 15; 6 S., 8 B.]

In Rußland wurde mit umfangreichen Vorarbeiten für die Entwicklung von 400 kV-Schaltern mit Lichtbogenlöschung durch Ölströmung begonnen. Die Verfasser geben einen Zwischenbericht, der sich mit der Isolierung der Trennstrecke, der Verteilung der Spannung auf die einzelnen Schaltstellen bei Vielfachunterbrechung, mit den Strömungsverhältnissen bei Ölbeblasung sowie mit der Schnellauslösung befaßt.

Für die Prüfung der Isolation wurde die Hälfte der Löscheinrichtung in einem Modell nachgebildet. Es ergab sich hierbei eine Überschlagwechselspannung bei 50 Hz von mehr als 800 kV und eine 50%-Überschlagstoßspannung von etwa 1400 kV, wobei die Überschläge immer außen erfolgen. Es wird danach erwartet, daß für die ganze Löscheinrichtung die Überschlagspannung bei 50 Hz etwa 1100 kV und bei Stoßbeanspruchung etwa 2000 kV betragen wird.

Um die Spannungsverteilung über die einzelnen Unterbrechungsstellen zu untersuchen, werden an einem Versuchsmodell in $^1/_{10}$ natürlicher Größe die Teilspannungen nach dem bekannten Verfahren von Schering mit einer Neonlampe gemessen. Hierbei wurde die Lage der einzelnen Schaltkammerteile (waagerecht bzw. schräg) verändert und die beste Form der die Spannungsverteilung steuernden Schirme gesucht.

Um die günstigste Form der Strömungswege zu erforschen, wurde eine besondere Prüfanlage gebaut, mit deren Hilfe die Ausflußgeschwindigkeit des Öles aus Schlitzen verschiedener Form, die Druckverteilung in den Kanälen und der Einfluß der Lichtbogengase auf die Ölströmung untersucht werden konnten. Neben optischer Beobachtung wurden sorgfältige Druckmessungen an verschiedenen Stellen des Strömungsweges durchgeführt. Es zeigte sich besonders der ungünstige Einfluß einer hohen Zähigkeit des Öles. — Um kurze Ausschaltzeiten zu erreichen, wurden schließlich Untersuchungen mit schnell wirkenden Auslösemagneten durchgeführt. (Die Arbeiten sind noch nicht abgeschlossen, insbesondere fehlen noch die eigentlichen Abschaltversuche; auch liegen Einzelheiten der Konstruktion anscheinend noch nicht vor.) *W. Kn.*

DK 621.316.925.4 : 621.319.45

Kondensator-Zeitrelais für Schaltanlagen. [Nach C. Stansbury u. T. B. Jochem, Electr. Engng. 59 (1940) Transactions S. 65; 4½ S., 1 B. u. Disk. 1½ S., 6 B.]

Abfallverzögerte Zeitrelais arbeiten entweder mit der in einer Spule aufgespeicherten magnetischen oder mit der in einem Kondensator aufgestauten elektrischen Energie. Im ersten Fall lassen sich bei einigermaßen brauchbaren Kontaktdrücken höchstens 7 s Abfallzeit erreichen; für längere Laufzeiten und für die allgemeine Anwendung kommen nur Kondensator-Zeitrelais in Betracht; dabei werden z. B. bei 250 V Gleichspannung und einem 600 µF-Kondensator Zeiten bis zu 180 s erzielt.

Anfänglich vorhandene Schwierigkeiten wurden durch die Verbesserung der Elektrolytkondensatoren behoben. Die zuerst eingeführten Kondensator-Zeitrelais verwenden Papierkondensatoren von etwa 1 µF und Widerstände in der Größenordnung von 1 MΩ; sie arbeiten unter Zuhilfenahme einer Röhrenschaltung und sind in Steueranlagen für die Widerstandsschweißung weit verbreitet. Für die Motorsteuerung und viele andere Zwecke ist diese Anordnung jedoch zu kompliziert, besonders dann, wenn mehrere aufeinanderfolgende Verzögerungskreise betätigt werden sollen. Außerdem stellt der periodische Ersatz der Röhren eine Beschränkung dar. Durch Elektrolytkondensatoren von 25 bis 600 µF ergeben sich mit elektromagnetischen Relais sehr einfache Schaltungen. Um der Forderung nach Mehrfach-Zeitverzögerung genügen zu können, wurden elektromagnetische Relais mit nur einer Spule und zwei oder mehreren, unabhängig voneinander einstellbaren Ankern entwickelt. Wenn Spule und Parallelkondensator durch den Betätigungsschalter von der Leitung abgetrennt werden, fallen die Relaisanker nach bestimmten Zeitabschnitten ab, wobei sie die ihnen zugeordneten Kontaktkreise steuern.

Sollen Schütze mit Abfallverzögerung versehen werden, so sind solche mit getrennten Ein- und Ausschaltspulen im Vorteil, da die Einschaltspulen für schnellen Anzug und die Ausschaltspulen für die günstigste Abfallzeit bemessen werden können. Hinsichtlich der Mittel für die Zeiteinstellung wird der Änderung des Ankerluftspaltes der Vorzug gegeben. In einigen Fällen werden auch abgestufte Kondensatoren angewendet.

Die Verfasser greifen auch auf allgemeine analytische Betrachtungen zurück und leiten die günstigsten Werte für Wicklung, Widerstand und Kondensator ab. Ein Vorwiderstand zum Kondensator wird empfohlen. In einigen Fällen erhält das Relais zusätzliche Kontakte, die einen Teil dieses Widerstandes bei der Aufladung des Kondensators kurzschließen, den vollen Widerstand aber bei der Entladung freigeben. Die durch den Vorwiderstand bedingte Abhängigkeit der Abfallzeit von Schwankungen in der Netzspannung wird durch Unterteilung bzw. Anpassung der Relaiswicklung zum großen Teil ausgeglichen. Einige Geräte für die Motorsteuerung sind abgebildet und näher beschrieben. In der Aussprache werden von F. H. Winter und L. T. Rader weitere Schaltungen für den Spannungsausgleich und Erfahrungen mit Kondensator-Zeitrelais mitgeteilt. Zum Beispiel kann die Netzspannung zwischen 150 V und 280 V schwanken, ohne daß der Fehler in der Zeitverzögerung größer als 1% wird. Im übrigen wird die Veröffentlichung von F. H. Winter über Anwendung von Kondensatoren in Steuerkreisen wiedergegeben[1]).

Auf den entscheidenden Einfluß der Ladezeit wurde nicht näher eingegangen. Auch über sonstige Einflüsse, wie Temperaturabhängigkeit, Lebensdauer und Kapazitätkonstanz der Elektrolytkondensatoren sowie Verhalten bei kleinen Gleichspannungen wird nichts ausgesagt. Aus der deutschen Praxis ist bekannt, daß sich eine feinstufige und bequeme Einstellung der Zeiten durch Widerstände parallel zum Kondensator erreichen läßt. Spannungsschwankungen werden mit einfacheren Mitteln unwirksam gemacht. *Gg. St.*

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung

DK 621.315.623: 621.315.626 (47)

Entwicklungsarbeiten an 400 kV-Durchführungen und Stützern in Rußland. [Nach G. A. Lebedew, Bull. WEI, Moskau (1940), H. 1, S. 9; 3½ S., 1 B und nach A. Efimow, Bull. WEI, Moskau (1940), H. 1, S. 12; 2½ S., 1 B.]

G. A. Lebedew berichtet über den Entwurf einer Freiluftdurchführung für 380 kV Betriebsspannung, die mit Ölfüllung versehen und mit fünf konzentrischen Isolierzylindern aus Hartpapier mit je einer eingelegten Metallfolie aufgebaut ist. Die äußere, mit Erde verbundene Zylinderelektrode ist an beiden Kanten gut abgerundet und mit Papier umkleidet, um Durchschläge infolge Faserbrückenbildung im Öl zu unterbinden. Der stromführende Innenleiter ist mit einem beiderseitig verrundeten Metallzylinder von größerem Durchmesser umgeben, der die Felddichte an seiner Oberfläche entsprechend verringert. Als Überschlagwechselspannung unter Regen bei 50 Hz legt der Verfasser seinem Entwurf das 3,4 fache des Nennwertes der Leiterspannung der Anlage gegen Erde, d. h. 750 kV (eff.), zugrunde, die mit einer Schlagweite von 3360 mm bewältigt wird. Nach Angabe des Verfassers soll dieses Verhältnis bei den Durchführungen der Boulder-Dam-Anlage 3,28 betragen. Der Berichter bemerkt hierzu, daß nach den deutschen Vorschriften für 380 kV-Durchführungen eine Regenüberschlagwechselspannung von 940 kV eingehalten werden müßte, was einem Verhältnis von 4,27 entspricht. An praktisch ausgeführten deutschen Durchführungen für 220 kV Nennspannung beträgt das Verhältnis rund 5.

A. Efimow berichtet über die Entwicklung eines Stützisolators für 400 kV Nennspannung, der aus drei einzelnen, durch Flansche verbundenen Porzellankörpern zusammengesetzt ist. Jeder einzelne Porzellankörper ist aus vier, mittels Glasur zusammengarnierten Teilen hergestellt. Um Teildurchschläge durch die im Innern sichtbaren Trennfugen zu verhindern, wurde der Stützer für die Vorversuche mit Öl gefüllt. Die drei Glieder wurden einzeln für sich geprüft, da der zur Verfügung stehende Prüftransformator von 780 kV nicht zum Überschlag über die gesamte Stützersäule von 4,5 m Höhe und 0,68 m Dmr. ausreichte. Für die spätere Ausführung beabsichtigt der Verfasser die Ölfüllung fortzulassen. Ein endgültiges Urteil über die vorgeschlagene Ausführung wird sich erst fällen lassen, sobald Überschlagversuche mit Wechsel- und Stoßspannungen vorliegen. *R. Ms.*

Elektrische Maschinen

DK 621.313.3.013.5

Die Berechnung der Spaltstreuung in synchronen und asynchronen Maschinen. [K. Humburg, Arch. Elektrotechn. 34 (1940) H. 12, S. 669; 20 S., 18 B.]

In einer früheren Arbeit[2]) „Begriff und Aufteilung der Streuung in synchronen und asynchronen Maschinen" war der Teil des Streufeldes, der nach Abtrennung des Nutenstreufeldes

[1]) Gen. electr. Rev. 42 (1939) S. 462.
[2]) K. Humburg, Arch. Elektrotechn. 34 (1940) S. 445.



und des Stirnstreufeldes übrigbleibt, und der im Luftspalt der Maschine verläuft, als Spaltstreufeld bezeichnet worden. Es wurde dort gezeigt, daß die Spaltstreuung weiter aufgeteilt werden kann in Zahnkopfstreuung, Zichzackstreuung und Oberwellenstreuung. Nur für Schenkelpolmaschinen wurde empfohlen, die Zahnkopfstreuung und die Zickzackstreuung zu einer Zahnkopfstreuung zweiter Art zusammenzufassen.

In der vorliegenden Arbeit werden nun Formeln und Kurven für die magnetischen Leitwerte aufgestellt, die durch diese einzelnen Anteile der Streuung bedingt sind. Bei der Zahnkopfstreuung gelingt die Berechnung des magnetischen Feldes durch wiederholte magnetische Spiegelung der elektrischen Durchflutungen an den Eisenoberflächen. Das Ergebnis der Rechnung ist eine Kurvenschar, welche den magnetischen Leitwert für die Zahnkopfstreuung (λ_k) abhängig vom Verhältnis des Luftspaltes zur Nutenöffnung ($\delta : b_s$) mit dem Verhältnis der Nutenöffnung zur Nutenteilung ($b_s : t_n$) als Parameter darstellt. Auch für die Zahnkopfstreuung zweiter Art wird auf Grund einer ähnlichen Rechnung eine Kurve angegeben, welche den magnetischen Leitwert (λ_k'') als Funktion von $b_s : t_n$ darstellt.

Bei der Zickzackstreuung ist das Ergebnis der Rechnung eine Formel, nach welcher der magnetische Leitwert (λ_z) aus den Abmessungen der Nuten und des Luftspaltes berechnet werden kann.

Bei der Berechnung der Oberwellenstreuung ist zu beachten, daß die Oberwellen, die durch die Nutung bedingt sind, schon in der Zickzackstreuung erfaßt wurden, daß also hier nur noch die Oberwellen berücksichtigt werden dürfen, die von der Phasenteilung herrühren. Für die Oberwellenstreuung wird zunächst ein Streufaktor σ_{ob} berechnet, der aber auch in einen magnetischen Leitwert λ_{ob} umgerechnet werden kann. Für den Streufaktor wird eine Kurve angegeben, die bei nichtgesehnten Dreiphasenwicklungen gilt, und die σ_{ob} als Funktion der Nutenzahl je Pol und Strang darstellt. Eine zweite Kurve zeigt σ_{ob} als Funktion des Sehnungswinkels und gilt nur für feinverteilte Wicklungen.

Damit kann die gesamte Spaltstreuung für jede synchrone und asynchrone Maschine mit geringem Aufwand an Rechenarbeit ermittelt werden.

DK 621.313.1 (45) : 669.71

Anwendung von Aluminium im italienischen Elektromaschinenbau. [Nach E. Vanzi, Elettrotecnica 27 (1940) S. 206; 4 S., 1 B.]

Zur Einführung von Aluminium bei elektrischen Maschinen[1]) sind von der italienischen Industrie Vorarbeiten erst seit kurzer Zeit aufgenommen worden. Zwar wurden schon 1924 in Genua Käfigläufer von Drehstrommotoren aus Aluminium hergestellt; seit einem Jahr wird aber erst die Verwendung dieses Metalles für Ankerwicklungen versucht. Dabei beschränkt man sich zunächst auf Asynchronmotoren bis zu 35 kW. Oxyd-Isolation hat sich dabei nicht bewährt; es traten nach kurzer Zeit Windungsschlüsse auf, da die Oxydschicht für die Verarbeitung nicht elastisch genug ist. Auch mit emailliertem Draht hatte man keinen Erfolg; bei dem einheimischen Erzeugnis löst sich die Lackschicht beim Biegen über einen kleinen Krümmungsradius vom Metall ab. Daher ist man schließlich zur Isolation mit Naturseide übergegangen. Die zahlreichen damit ausgeführten Motoren haben sich bis jetzt bewährt. Da Vorproben gezeigt haben, daß Kunstseide die Vakuum-Imprägnierung schlecht verträgt, wurde auf Versuche mit diesem Isolierstoff zunächst verzichtet. Die Spinnstoff-Isolierung wird aber nur als vorläufige Lösung betrachtet. Es wird weiter die Verwendung der Oxyd-Isolation angestrebt, damit die Leistung bei Aluminiumwicklung nur wenig gegenüber der bei Kupferwicklung erreichten abweichen.

Das zweite Grundproblem besteht in der schnellen und sicheren Lötung des Drahtes. Lötlegierungen haben im praktischen Gebrauch nicht befriedigt. Kürzlich wurde ein besonderes Lötsalz vorgeschlagen, das für den Betrieb geeignet scheint. Leider sind aber viele der zahlreichen Lötstellen für solche Lötbäder nicht zugänglich. Am besten benutzt man die elektrische Schweißung, was sich bei Drähten von 0,8 mm Dmr. an ausführen läßt. Da Aluminium, zumal bei dem geringen Drahtquerschnitt von kleinen Motoren, weniger fest ist als Kupfer und leicht oxydiert, nimmt man für die Verbindungsleitungen zum Klemmbrett Kupferlitze. Die dadurch bedingte Al-Cu-Lötstelle ist zuverlässig gegen Feuchtigkeit zu schützen.

[1]) S. a. Thum, Werkstoffe der Elektrotechnik, ETZ 58 (1937) S. 133.

Eine allgemeine Anwendung von Aluminium erfordert einen neuen Entwurf der Maschine; man darf nicht einfach die Ankerlänge vergrößern, ohne auf Streureaktanz, Kühlung und Einhaltung des Luftspaltes zu achten. Dabei soll das Gewicht an aktivem und inaktivem Eisen natürlich nur wenig zunehmen, wofür teilweise auch nichtitalienische Rohstoffe erforderlich sind. Vor Lösung des Oxyddrahtproblems werden Angaben über Abmessungen und Preis von Motoren mit Aluminiumwicklung für verfrüht gehalten. Erst seit kurzer Zeit hat man in Italien Aluminium auch für tragende Teile von Maschinen verwandt, allerdings nur für besondere Zwecke (Ausfuhr, Bordmaschinen). Überhaupt betrachtet der Verfasser den Motor mit Aluminiumleitern im allgemeinen als eine notbedingte Lösung.

Für die Anwendung von Aluminium bei anderen Maschinenarten liegt erst wenig Entwicklungsarbeit vor. Bei Drehstromgeneratoren läßt sich Aluminium vor allem für die Erregerspulen anwenden. Gelegentlich ist aber die dadurch eintretende Verringerung des Schwungmomentes unerwünscht. 1935 wurden 10 Gleichstrommaschinen mittlerer Leistung mit Aluminiumfeldspulen ausgerüstet, die in feuchtem Tropenklima einwandfrei arbeiten. Die verfügbare Erregung ist bei unveränderter Eisenlänge um rd. 20% geringer. Die Verbindungsleitungen zwischen den Spulen nimmt man aus Kupfer, um die Auswechslung zu erleichtern. Die schwierige Aluminiumlötung steht der Anwendung von Aluminium für Ankerwicklungen und Stromwender hindernd im Wege. Wie sich Aluminium bei Drehstromumspannern auswirkt, wird durch eine Gegenüberstellung von Rechnungsergebnissen für Ausführungen mit Kupfer bzw. Aluminium gezeigt: Nennleistung 50 kVA, Übersetzung 10 kV/220 V, Eisenquerschnitt und Windungszahlen bleiben unverändert. Bei Aluminiumwicklung werden dann alle Verluste um 13% größer, das aktive Eisengewicht steigt um 12%, die Ölmenge um 13%. Das Gewicht der Wicklung fällt um 51,5%, so daß das Gesamtgewicht nur um 2% steigt. Der Platzbedarf ist um 23% größer. Um 70 kg Kupfer zu sparen, muß man 42 kg an Eisen und Öl mehr aufwenden, was in Italien größtenteils auch eingeführt werden muß. Im ganzen wird also vom Verfasser die Frage der Verwendung von Aluminium noch mit Zurückhaltung betrachtet. Man will nur mit reifen, ausreichend erprobten Konstruktionen auf den Markt gehen, damit die Kundschaft Maschinen mit Aluminiumwicklung nicht als Notlösung erträgt, sondern als Fortschritt der heimischen Industrie begrüßt. *Dr. Az.*

Verkehrstechnik

DK 623.82 : 621.3

Die Elektrotechnik in der amerikanischen Kriegsmarine. [Nach L. Dreller, Electr. Engng. 59 (1940) S. 267; 3½ S.]

Die erste elektrische Anlage auf einem amerikanischen Kriegsschiff wurde 1883 als Beleuchtungsanlage mit einer Leistung von 13 kW eingebaut. In einem Zeitraum von 57 Jahren nahm die Verwendung von Elektrizität an Bord der Kriegsschiffe einen solchen Umfang an, daß heute Großkampfschiffe eingebaute elektrische Leistungen von 10000 kW enthalten. Dies deutet auf große Entwicklungs- und Konstruktionsarbeit hin. Die Leistung der Generatoren ist bedingt durch besondere Betriebszustände, wie Kreuzerfahrt, Gefechtsbedarf u. a. Die Anzahl der Generatoren beträgt im allgemeinen auf Zerstörern 2, auf einem Kreuzer 2 bis 4 und bis zu 8 auf großen Schiffen. Grundsätzlich muß die Leistung so groß sein, daß auch bei Ausfall eines Teiles der Generatoren noch der Gefechtsbedarf gedeckt werden kann. Die Maschinen werden auf ein Dreileiternetz geschaltet; die Kraftverbraucher werden mit 240 V und die Beleuchtung mit 120 V gespeist. In Drehstromnetzen werden 440 V für Kraftverbraucher und ebenfalls 120 V über Transformatoren für die Beleuchtung verwendet. Die Generatoren unterliegen noch zusätzlichen Prüfbedingungen bezüglich Korrosionsfestigkeit gegen salzhaltige Luft, Erschütterungsfestigkeit gegen Schlag und Stoß beim Schießen und bei Bewegung im Seegang. Überlastungsfähig sind die Generatoren mit 125% der Nennlast während 2 h und mit 150% 5 min lang, ohne daß dabei die zulässigen Temperaturgrenzen übermäßig überschritten werden. Die Zahl der Hauptschalttafeln beträgt bis zu 4 auf großen Schiffen; ein Kreuzer z. B. erhält 2 Haupt- und 2 Notschalttafeln. Die Tafeln sind durch Überleitungen miteinander verbunden. Große Verbraucher werden direkt von der Hauptschalttafel gespeist, während die kleinen Verbraucher und die Beleuchtung an Verteilertafeln angeschlossen werden. Die Motoren unterscheiden sich von den handelsüblichen Ausführungen hauptsächlich durch die Schutzart, kleines Gewicht und geringen



Raumbedarf. Dem Kabelnetz wird auf Grund seiner Bedeutung eine besondere Aufmerksamkeit gewidmet. Die Entwicklung ist ständig fortgeschritten und hat vom schweren Bleikabel mit 60° C zulässiger Betriebstemperatur zu dem heute verwendeten Leichtkabel mit 105° C Betriebstemperatur geführt. Dieses Kabel besteht konstruktiv aus einem Mantel aus synthetischem Werkstoff an Stelle des Bleimantels über einer lackgetränkten Bewicklung und einem Asbestüberzug. Als Kennzeichen werden angeführt: Dichtigkeit gegen Wasser, Feuchtigkeit und Öl, gute Hitzebeständigkeit und Unentflammbarkeit. Drehstromanlagen wurden erstmalig 1932 auf einem Zerstörer eingeführt. Entscheidende Gründe hierfür waren: größere Zuverlässigkeit, geringere Unterhaltungsarbeit und -kosten, Raum- und Gewichtsersparnis und teilweise Übernahme handelsüblicher Teile, die in Kriegszeiten leicht beschafft werden können. Vorteile in der Unterhaltung der Anlagen werden hauptsächlich durch Wegfall der Stromwender und Anlasser erreicht. Entsprechende Transformatoren sind bereits bis 100 kVA entwickelt. Da Drehstrommotoren und -geräte in hohem Maße typenmäßig hergestellt werden, kann an Ersatzteilen in erheblichem Umfang gespart werden. Besondere Aufgaben, die in Drehstromanlagen auftreten, wie Spannungsregelung der Generatoren, Drehzahlregelung der Motoren, Kabelberechnung u. a. sollen im wesentlichen gelöst sein. *R. Ht.*

Fernmeldetechnik

DK 621.385.5.029.63

Eine neue Gegentaktverstärkerröhre für Dezimeterwellen. [Nach M. J. O. Strutt und A. van der Ziel, Philips techn. Rdsch. 5 (1940) S. 167; 11 S., 10 B.]

Der Bereich der Frequenzen, die noch mit Röhren der normalen Bauart verstärkt werden können, ist durch zweckmäßigeren Aufbau in den letzten Jahren ständig weiter nach oben erweitert worden. Dieses zielbewußte Arbeiten setzte das Vorhandensein einer geeigneten Meßeinrichtung für die Ein- und Ausgangswiderstände von Röhren voraus, wie sie von den Verfassern bereits früher angegeben wurde. Eine gute Röhre soll möglichst viel verstärken und möglichst wenig rauschen. Das Rauschen wächst mit dem Produkt aus äquivalentem Rauschwiderstand am Gittereingang und dem Teil des Eingangsleitwertes, der von der Elektronenlaufzeit abhängt; es ist verschieden lästig, je nachdem die nachfolgende Stufe eine Verstärker- oder Mischstufe ist. Bei einer Verstärkerstufe genügt 3fache, bei einer Mischstufe aber braucht man mindestens 5 bis 10fache Verstärkung, damit das Signal über dem Rauschen bleibt. Die Ein- und Ausgangsleitwerte hängen, abgesehen von den Elektronenlaufzeiten, von der Selbstinduktion und Gegeninduktivität der Elektrodenzuleitungen ab. Unter Beachtung der einschlägigen Gesichtspunkte wurden in den vergangenen Jahren die Knopfpentode entwickelt, die 200 MHz noch verstärkt. Bei dieser Frequenz ist die theoretische Verstärkung noch 4,6. Da die Leitwerte quadratisch mit der Frequenz wachsen, folgt als obere Frequenzgrenze für Verwendung vor einem Verstärker 250 MHz. Ein weiteres Verringern der Röhrenabmessungen ist heute technisch noch nicht möglich und in der Wirkung fraglich; daher wurde von den Verfassern mit der Gegentaktröhre EFF 50 ein neuer Weg beschritten (Bild 2).

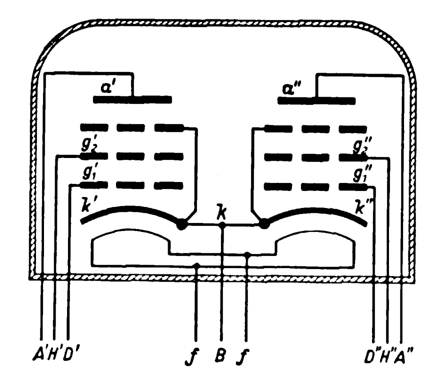


Bild 2. Anordnung der Elektroden der Gegentaktverstärkerröhre EFF 50. Zwei gleiche Pentodensysteme mit gemeinsamer Kathodenzuleitung sind in einem Glaskolben angeordnet.

Der Abstand zwischen Steuergitter und Kathode wurde auf 90 µ heraufgesetzt und eine Steilheit von 11 mA/V erzielt, wobei gleichzeitig die Kathodenabmessungen bedeutend größer als bei der Knopfröhre sind. Durch die große Steilheit sinkt der äquivalente, auf das Gitter bezogene Rauschwiderstand. Weiter wurde die zum Rauschen beitragende Stromverteilung zwischen Schirmgitter und Anode verbessert, indem das Schirmgitter dünndrähtiger und mit größerer Steigung ausgeführt wurde. Die Verringerung der Abschirmwirkung und die entsprechende Verminderung des inneren Widerstandes spielt bei den verhältnismäßig niedrigen Resonanzwiderständen der verwendeten Schwingkreise keine Rolle. Ebenso kann die Gitter-Anodenkapazität größer als sonst sein, da bei diesen Frequenzen ohnehin die Zuleitungsinduktivitäten überwiegen und somit durch Vergrößern der Kapazität die tatsächliche Entkopplung verbessert wird. Gegenüber der Knopfröhre konnte der Rauschwiderstand auf 600 Ω, d. h. den dreizehnten Teil gesenkt werden, so daß das Rauschen auf den 3,5ten Teil sinkt, während gleichzeitig die Steilheit auf das Achtfache gestiegen ist. Da überdies Messungen ergeben haben, daß die Röhrendämpfungen bei großer Steilheit hauptsächlich auf der induktiven Wirkung der Kathodenzuleitung innerhalb der Röhre beruhen, wurden durch eine besondere Anwendung des Gegentaktprinzips in einem Glaskolben nebeneinander zwei Röhrensysteme angeordnet. Dadurch wuchs der Eingangswiderstand der Röhre auf das Fünffache, der Ausgangswiderstand sogar auf das Zehnfache. Die Röhren sind ohne Quetschfuß gefaßt; die in den Glasboden eingeschmolzenen Anschlußstifte aus Chromeisen wurden zur Vermeidung übergroßer Hautwirkung mit dünnem Kupfer belegt. In der Verstärkerschaltung wurde die Induktivität der Gitterzuleitung durch Wahl eines passenden Kondensators abgestimmt und vor die Schirmgitter wurden Drosseln geschaltet; die wegen letzterer entstehenden Schirmgitterwechselspannungen erzeugen über die Schirmgitter-Steuergitterkapazität einen Strom, der bei geeigneter Bemessung den Eingangsleitwert verringert. Bei 300 MHz konnte man praktisch eine Verstärkung von 16,5 erreichen. Aus den Meßergebnissen ist zu schließen, daß die Steilheit noch ihren statischen Wert hat. Bei 500 MHz war die Verstärkung noch achtfach. Kleine Unterschiede in der Herstellung der beiden Röhrensysteme beeinflussen den Eingangswiderstand nur um Prozente. Beim Verwenden als Mischrohr war noch eine Überlagerungssteilheit von 2,5 mA/V zu erzielen. *Kur.*

DK 621.396.677

Messungen an Dipolen im Dezimeterwellengebiet. [Nach P. Lange, Telefunken-Hausmitt. 83 (1940) 72; 7 S., 12 B.]

Die Kenntnis des Antennenwiderstandes eines im Strombauch erregten Dipols ($\lambda/2$-Dipol) ist erforderlich, da die Speiseleitung an den Dipol angepaßt werden muß. Die Abhängigkeit dieses Widerstandes von den geometrischen Abmessungen des Dipols sowie vom Abstand des Dipols von einem Reflektor auch bei Frequenzänderungen wird aus Widerstandsmessungen mittels einer Lecherleitung bestimmt. Da auf dieser Lecherleitung stehende Wellen auftreten, kann aus ihrem Amplitudenverhältnis und aus ihrer Lage auf der Leitung der unbekannte Abschlußwiderstand, in diesem Falle der Aufnahmewiderstand des Dipols, berechnet werden. Der Sender, ein kräftiges 50 cm-Magnetron, ist über einen Zwischenkreis an die Meßleitung lose angekoppelt; seine Frequenz und Amplitude ist somit von Änderungen des Abschlußwiderstandes weitgehend unabhängig, außerdem werden beide Werte während der Messung ständig überwacht. Die Meßleitung, eine 100 cm lange Paralleldrahtleitung, ist in einem Rohr von 66 mm Innendurchmesser angeordnet. Mittels eines in einem Schlitz des Rohres verschiebbaren Taströhrenvoltmeters, das über einen verlustarmen $\lambda/4$-Kreis an die Leitung angekoppelt ist, kann die Spannungsverteilung auf der Leitung rückwirkungsfrei festgestellt werden. Über eine 4 λ lange Speiseleitung wird der Dipol an die Meßleitung angeschlossen. Es erscheint also der Antennenwiderstand am Ende der Meßleitung wieder, da die Speiseleitung als Transformator mit dem Übersetzungsverhältnis 1 : 1 wirkt. Der Einfluß einer Stütze zur Halterung der Leitung im Rohr kann durch eine zweite gleiche Stütze in einer bestimmten Entfernung kompensiert werden, so daß der durch die Stützen bewirkte Meßfehler unter 1% bleibt.

Zunächst wurde der Aufnahmewiderstand des Dipols ($l = \lambda/2 = 25$ cm) mit einem ebenen Reflektor in Abhängigkeit vom Abstand des Dipols vom Reflektor bestimmt. Es zeigte sich, daß sich die Widerstandswerte mit wachsendem Abstand immer enger um einen Mittelwert, den nur durch die Abmessungen bestimmten Kennwiderstand, gruppieren. In der

Entfernung 3 λ vom Reflektor sind diese Schwankungen des Antennenwiderstandes um den Kennwiderstand nur gering. Dieselben Messungen an Dipolen verschiedener Länge vor dem Reflektor ergeben stets, daß die Extremwerte der Blindkomponentenkurven mit den Wendepunkten der Realteilkurven zusammenfallen und umgekehrt. Der genau λ/2 lange Dipol hat stets eine induktive Komponente. Um Resonanz herzustellen, muß er daher gekürzt werden. Die Größe der Verkürzung kann aus den Meßwerten an dem betreffenden Ort bestimmt werden.

Ferner wurden Messungen mit Parabolspiegeln als Reflektor ausgeführt. Zur Bestimmung des Einflusses der Spiegelöffnung auf den Aufnahmewiderstand wurde ein Zylinderparabolspiegel von $f = 3/4\ \lambda$ und einer Höhe $h = 2\ \lambda$ sowie ein Rotationsparabolspiegel von $f = 3/4\ \lambda$ vermessen. Im Gegensatz zur Diagrammform des Spiegels, die weitgehend von der Öffnung bestimmt wird, ist der Antennenwiderstand von ihr unabhängig. Man kann daher dem Aufnahmewiderstand durch Verändern der Dipolabmessungen unter Beibehaltung einer bestimmten Diagrammform einen bestimmten Wert geben. Im übrigen verlaufen die Antennenwiderstandsschwankungen in Abhängigkeit von dem Abstand des Dipols vom Reflektor ähnlich wie beim ebenen Reflektor. Wenn man alle Längen als bezogene Längen ausdrückt (l/λ), so sind die in den Kurven wiedergegebenen Meßergebnisse für alle Frequenzen gültig. *Drg.*

Theoretische Elektrotechnik

DK 621.392

Neuere Ergebnisse der Theorie der linearen Wechselstromschaltungen. [Nach W. Cauer, Arch. Elektrotechn. 34 (1940) H. 12, S. 689; 12 S., 13 B.]

Eine Reihe von charakteristischen Beispielen für die Theorie der linearen Wechselstromschaltungen (Netzwerke) werden behandelt: Schwingbedingung für gegengekoppelte Verstärker, Berechnung des Imaginärteiles aus dem Realteil eines Scheinwiderstandes, Reaktanztheorem, symmetrischer Vierpol, vierpolige Kabelnachbildung, kettenförmige Bandfilter mit Tschebyscheffscher Vierpoldämpfung, Nachbildung einer Kurve gleicher subjektiver Lautstärkeempfindlichkeit durch einen ausgangsseitig leerlaufenden Reaktanzvierpol, Nachbildung der CCI-Geräuschbewertungskurve nach einer Methode von Lee und Wiener, ein ausgangsseitig leerlaufendes Rundfunkbandfilter, eine Tiefpaßkette mit Tschebyscheffschem Verhalten der Betriebsdämpfung, sechspolige Frequenzweichen konstanten Betriebswiderstandes, Realisierung einer allgemeinen lineargebrochenen Funktion durch einen Zweipol mit nur einem ohmschen Widerstand. In Zusammenhang mit diesen Beispielen werden Beispiele rein schaltungstheoretischer ohne Formelapparat faßbarer Begriffe und Sätze erläutert, u. a.: Äquivalenz; Dualität; Realisierbarkeit beliebiger stetiger Funktionen als Dämpfungskurven, auch mittels Schaltungen beiderseits konstanten Betriebswiderstandes; Realisierbarkeit jeder Scheinwiderstandsfunktion durch einen Zweipol, der nur einen ohmschen Widerstand enthält. Für die Theorie kennzeichnend sind folgende Punkte: Behandlung der Frequenzfunktionen als im Komplexen differenzierbare Funktionen mit den Hilfsmitteln der Funktionentheorie; nicht die Struktur der Schaltungen, sondern ihre Eigenschaften sind das Primäre; Feststellung, welche Funktionen der Frequenz durch Zweipole und Vierpole realisierbar sind; Formulierung der technischen Aufgabe als Approximationsaufgabe für die als realisierbar erkannten Frequenzfunktionen; Untersuchung der Frage der Äquivalenz. Der Vortrag verzichtet fast vollständig auf mathematische Entwicklungen und bringt lediglich in knapper Form einige Ergebnisse. Soweit es sich um die Frage von Vierpolen mit vorgeschriebenem Dämpfungsverhalten handelt, sei auf einen weiteren ausführlicheren Aufsatz[1]) des Verfassers verwiesen.

DK 537.527.4

Die elektrische Festigkeit verdichteter Gase. II. Teil. [Nach B. Gänger, Arch. Elektrotechn. 34 (1940) H. 12, S. 701; 12 S., 1 B.]

Nach einer Kritik der raumladungserweiterten Townsend-Rogowskischen Vorstellung über den Gasdurchschlag greift der Verfasser eine von Slepian entwickelte thermische Theorie der Funkenausbildung in Gasen auf, nach welcher der Durchbruchsvorgang nicht allein durch die Zusammenstöße der Elektronen mit den Gasmolekülen bedingt ist. Die neutralen Moleküle erhalten durch die Trägerstöße Energie zugeführt, die in der Hauptsache zur Aufheizung des Gases dient. Beim Erreichen einer Gastemperatur von rd. 3000° K setzt in merklichem Maße thermische Ionisation der Gasmoleküle ein, wobei diese Trägerquelle sehr ergiebig ist. Daher gelingt es, statt der Annahme vieler sich gegenseitig aufschaukelnder Einzellawinen einen genügenden Stromfluß schon nach Ablauf einer Lawine verständlich zu machen. Die auf dieser Grundlage entwickelte Durchschlagsbedingung für das homogene Feld ergibt befriedigende Übereinstimmung mit dem Experiment, ebenso läßt sich aus ihr das Paschengesetz ableiten, wobei die sich beim Versuch ergebenden Abweichungen vom geradlinigen Verlauf auf diesem Wege auch gedeutet werden können.

Betrachtungen über den Gasdurchbruch im ungleichförmigen Feld werden wegen der Unübersichtlichkeit der Gleichungen trotz stark vereinfachender Annahmen nicht zu Ende geführt; immerhin läßt sich erkennen, daß der bei Feldkonzentration auftretende Polaritätseffekt zurückzuführen ist auf die unterschiedlichen Erzeugungsbedingungen der Elektronen je nach ihrem Lauf in einem ansteigenden oder abfallenden Feld, auf die sich ausbildende positive Raumladung sowie auf die verschiedenartige Führung der Träger im Feld. Die im experimentellen I. Teil der Arbeit[1]) gefundenen Höcker der Funkenspannungskurve $U = f\,(p)$ bei konstanter Schlagweite werden dadurch gedeutet, daß als Folge der Abhängigkeit zwischen Elektronenionisierungszahl und Druck bei rd. 7 atü besonders günstige Verhältnisse für die Neuerzeugung von Trägern vorliegen.

DK 621.3.017.143 : 621.315.612

Dielektrischer Verlustfaktor und Verlustziffer von keramischen Werkstoffen bei Wechselspannung von technischer Frequenz und Temperaturen zwischen 100 und 500°. [Nach E.-F. Richter, Phys. Z. 41 (1940) H. 9/10; S. 229; 5 S. 3 B.]

Keramische Werkstoffe sind bei Raumtemperatur im allgemeinen gute Isolierstoffe, bei Erhitzung verwandeln sie sich in Halbleiter. Nach der Größe des dielektrischen Verlustfaktors werden drei Temperaturgebiete, das Hochtemperaturgebiet mit einem Verlustfaktor $\operatorname{tg}\delta \gg 1$, das Tieftemperaturgebiet mit $\operatorname{tg} < 0{,}1$ und das dazwischenliegende Mitteltemperaturgebiet mit $1 \geqq \operatorname{tg}\delta > 0{,}1$ unterschieden. Im Hochtemperaturgebiet ist die Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung praktisch 0°, so daß aus Strom- und Spannungsmessungen der Widerstand des Werkstoffes und die im Prüfling umgesetzte Leistung angegeben werden kann. Unter der Annahme, daß sich im Mittel- und Tieftemperaturgebiet der Prüfkörper wie ein verlustfreier Kondensator mit parallelgeschaltetem ohmschen Widerstand verhält, läßt sich aus Verlustfaktor- und Dielektrizitätskonstantenmessungen der Widerstandswert nach der Formel $R = \frac{1}{\omega\, C_0\, \varepsilon\, \operatorname{tg}\delta}$ berechnen. Diese Widerstandswerte weisen im Tieftemperaturgebiet den größten Fehler auf. Im Tief- und Mitteltemperaturgebiet ist $\operatorname{tg}\delta$ ein genaues Maß für das Verhältnis von Wirk- zu Blindstrom bzw. von Wirk- zu Blindleistung und für die in Prüflingen gleicher Kapazität umgesetzte Verlustleistung. Die Abhängigkeit der Dielektrizitätskonstanten von der Temperatur gibt die Veränderung der auf die Volumeneinheit bezogenen Kapazität, des Blindstromes und der Blindleistung wieder; sie ist nur unter Voraussetzungen über das Zustandekommen der Verluste angebbar. Die in der Volumeneinheit des Werkstoffes umgesetzte Leistung wird durch die Verlustziffer $\varepsilon\,\operatorname{tg}\delta$ gemessen. Temperaturabhängigkeiten des Verlustfaktors, der Dielektrizitätskonstanten und der Verlustziffer für zehn Werkstoffe verschiedener Zusammensetzung werden gezeigt. *Sb.*

Physik

DK 537.54

Theoretische und experimentelle Untersuchungen über Elektronenstrahler. [Nach J. Dosse, Z. Phys. 115 (1940) S. 530; 27 S., 18 B.]

J. Dosse liefert im Rahmen einer zusammenfassenden Betrachtung weitere Beiträge zur Richtwirkung des Elektronenstrahlers. Bereits Law hat auf Grund der Maxwell-Verteilung

[1]) Telegr.-, Fernspr.-, Funk- und Fernsehtechnik 29 (1940) S. 185 u. 215.

[1]) B. Gänger, Arch. Elektrotechn. 34 (1940) S. 633. — ETZ 61 (1940) S. 1156.

der Elektronengeschwindigkeiten die Stromdichte j im Brennpunkt in Abhängigkeit vom Abstand r des Aufpunktes von der Achse berechnet zu

$$j = \frac{I}{\pi} a\, U\, e^{-a r^2 U}.$$

Dabei ist I der gesamte Strom, U die Beschleunigungsspannung und a ein zunächst noch unbekannter Faktor; für diesen gewinnt der Verfasser den Wert $a = \frac{1}{U_T f^2}$, wobei $U_T = \frac{T}{11\,600°/V}$, T die Elektronentemperatur, d. i. die wahre Temperatur der Kathode, f die Brennweite bedeutet. Für den

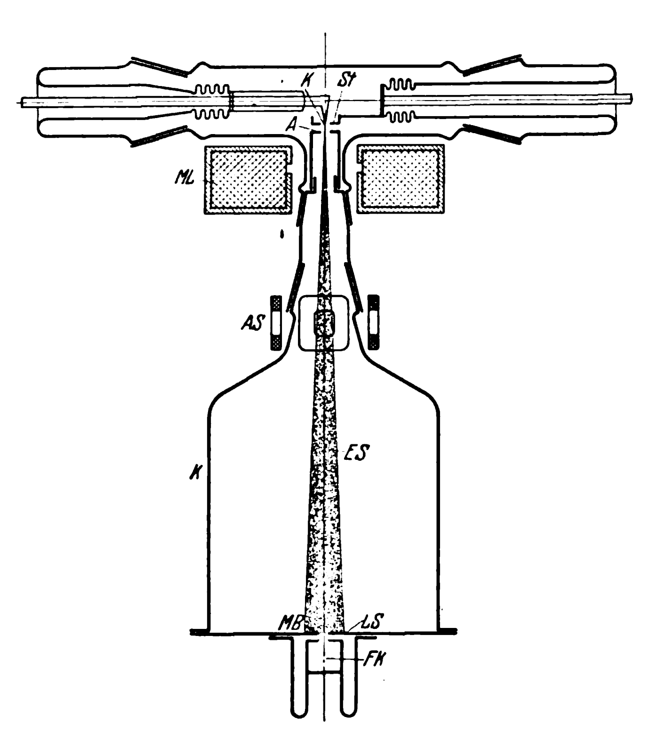


Bild 3. Schematischer Aufbau des Strahlmeßgerätes.

K	Kathode	*AS*	Ablenkspulen
St	Steuerelektrode (Wehneltzylinder)	*K*	Glaskolben
A	Anode	*LS*	Leuchtschirm
ES	Elektronenstrahl	*MB*	Meßblende
ML	magnetische Hauptlinse	*FK*	Auffängerkäfig

Halbmesser des Brennflecks, bei dem die Stromdichte nur noch den Bruchteil $p = 0{,}05$ des Wertes in der Mitte beträgt, ergibt sich hieraus

$$r_F = f \sqrt{\frac{U_T}{U} \ln \frac{1}{p}} = f \sqrt{\frac{3\, U_T}{U}}.$$

Für Bestrahlungszwecke ist der Strom je Einheit der strahlenden Fläche und des Raumwinkels ein Maß für die Güte des Gerätes. Dieser als Richtstrahlwert bezeichnete Strom, der der Leuchtdichte der Optik entspricht, berechnet sich zu

$$R = q\, j_{Km} \frac{U}{U_T}$$

($q = \frac{1-p}{\pi \ln 1/p} \approx 0{,}1$; j_{Km} = mittlere Kathodenstromdichte).

Um die durch diese Formeln gegebenen Abhängigkeiten experimentell zu prüfen und besonders die Stromverteilung über den Brennfleck und den Strahlöffnungswinkel zu messen, hat der Verfasser das Strahlmeßgerät Bild 3 entwickelt. Der Elektronenstrahlquerschnitt bzw. dessen Elektronenbild wird durch die Ablenkspulen *AS* über eine Blende vor dem Auffängerkäfig periodisch abgelenkt und der verstärkte Käfigstrom oszillographisch aufgezeichnet. Die Elektroden sind leicht auswechselbar und Steuerelektrode und Kathode nach allen Richtungen im Vakuum verstellbar. Eine möglichst fehlerfreie und leicht regelbare elektronenoptische Abbildung wird durch eine magnetische Hauptlinse *ML* gewährleistet. Die Vergrößerung kann bis etwa 14 gesteigert werden. Die Untersuchungen ergeben im wesentlichen eine Bestätigung der theoretischen Beziehungen. Nur ein eindeutiger Zusammenhang zwischen Brennfleckgröße und Kathodentemperatur konnte noch nicht nachgewiesen werden. Der Vergleich des Richtstrahlwertes eines ausgeführten Elektronenstrahlers mit dem theoretisch erreichbaren zeigt Übereinstimmung in der Größenordnung, was dahin zu deuten ist, daß die Kathode gut ausgenutzt ist und eine wesentliche Steigerung des Richtstrahlwertes nur noch durch Steigern der Emissionsdichte auf der Kathode oder Erhöhen der Beschleunigungsspannung möglich ist. *Br.*

Werkstatt und Baustoffe

DK 665.4

Aktiviertes Aluminiumoxyd für Isolieröle. [Nach J. E. Housley, Electr. Wld., N. Y. 113 (1940) S. 1521; 3½ S., 6 B.]

Die Verschlechterung von Isolierölen durch Erhöhung der Neutralisationszahl, durch Sinken der Durchschlagsfestigkeit und der dielektrischen Verluste kann durch die Verwendung von aktiviertem Aluminiumoxyd verhindert werden, wie in Amerika im Laufe von sieben Jahren in elektrischen Geräten ausprobiert wurde. Danach gelingt es, die Neutralisationszahl herabzumindern, die Schlammbildung zu verhindern und die elektrische Festigkeit zu erhalten.

Bei Anlagen, deren Überholung durchgeführt wird, läßt sich das Öl durch eine Filterung mit aktiviertem Aluminiumoxyd reinigen. Bei der folgenden Montage wird an den Transformatoren ein Kessel angebracht, in dem in Röhren aktiviertes Aluminiumoxyd enthalten ist. Das Öl fließt in diesen Röhren infolge der Erwärmung des Transformators (Thermosyphonsystem). Die Neutralisationszahl des Öles sinkt dann im Laufe der Zeit unter den Wert 0,1. Um dieses zu erreichen, muß man das Aluminiumoxyd im Laufe von einigen Wochen erneuern. Ist der niedrige Wert erreicht, so genügt ein Wechsel des Oxydes nach etwa einem Jahre. Außer diesen außenstehenden Röhrenkesseln benutzt man auch mit dem Aluminiumoxyd gefüllte Zinnbüchsen oder Leinensäcke. Um die Feuchtigkeit fernzuhalten, sind Atmungsgeräte konstruiert, die mit einem Aluminiumoxyd gefüllt sind, dem durch einen Zusatz eine Farbe erteilt ist. Diese Farbe ist bei trockenem Oxyd blau, bei feuchtem rosa. Durch vierstündiges Erhitzen des feuchten Oxydes auf 200 bis 260° C läßt es sich wieder trocknen. An Betriebszahlen werden angegeben: Für 320 000 gerätemäßig in einer Anlage installierte kVA mit etwa 378 m³ Öl wurden 4540 kg aktiviertes Aluminiumoxyd verbraucht. Der Ölverlust betrug etwa 1516 l. Die Kosten je 1000 Liter waren $ 3.87 in großen und $ 1,71 in kleinen Anlagen[1]). Für weit abgelegene Anlagen ist eine fahrbare Einrichtung konstruiert worden, die bei einer Leistung von 182 kg zu regenerierendem Aluminiumoxyd 500 kg wiegt. Ölverschmutztes Oxyd muß bei höherer Temperatur, z. B. 480° C, regeneriert werden. In neuen Anlagen kann man die mit Aluminiumoxyd beschickten Geräte benutzen, um das Öl vor Verschlechterung zu bewahren.

Die Verwendung von aktiviertem Aluminiumoxyd hat sich scheinbar bewährt. In Deutschland ist das Mittel nicht unbekannt, hat sich aber nicht eingeführt. Die Verwendung der Ölkonservatoren, die sich seit Jahren als vollkommen betriebssicher erwiesen haben, ist einfacher im Betrieb, als die Überwachung durch die Aluminiumoxydbehälter, wie sich wohl aus diesem Bericht ohne weiteres ergibt. Daran ändert auch nichts, daß die Betriebskosten für 1 l Öl niedrig sind; denn diese Kosten wurden im eigenen Betrieb ermittelt und lassen sich sicher nicht übertragen. *F. Ev.*

[1]) Umrechnungskurs am 1. 9. 1940: 1 $ = 2,54 RM.

AUS ERZEUGUNG UND VERBRAUCH

Die Elektrizitätswirtschaft Rumäniens unter Berücksichtigung der Gebietsveränderungen

DK 621.311.1.003.1(498)

Der rumänische Staat mit einer Fläche von 295 000 km² wurde durch die abgetretenen Gebiete von Bessarabien und der Nordbukowina (48 000 km²), Nordsiebenbürgen (41 600 km²) und der Süddobrudscha (7700 km²) um 98 100 km² auf rd. 196 900 km² verkleinert. Die rumänische Volkszählung von 1930 verzeichnete für die geräumten Gebiete etwa 6,1 Mill Einwohner, so daß von der ursprünglichen Zahl von 18 Mill Einwohner rd. 12 Mill im neuen Rumänien verbleiben. Da genaue Unterlagen fehlen, konnte der seit 1930 erfolgte normale Bevölkerungszuwachs sowie der Flüchtlingszuzug nicht weiter berücksichtigt werden.

Hinsichtlich der Elektrizitätsversorgung dieses Landes ist zu erwähnen, daß auf Grund der letzten Betriebsstatistik 224 öffentliche Elektrizitätswerke im Betriebe standen mit einer installierten Gesamtleistungsfähigkeit von 248 000 kW und einer Jahreserzeugung von 580 Mill kWh[1]). Davon gingen 15 % verloren (Tafel 1).

Tafel 1

	Anzahl der Elektrizitätswerke	installierte Maschinenleist. kW	Jahreserzeugung Mill kWh
Nord-Siebenbürgen . .	44	31 000	60
Nord-Bukovina	6	7 100	16
Bessarabien	19	4 400	8
Süd-Dobrudscha . . .	3	850	0,8
	72	43 350	84,8
in %	31	18	15

[1]) ETZ 61 (1940) S. 69.

Von größeren öffentlichen Werken, die zum geräumten Gebiet gehören, sind erwähnenswert: Chişinău (6 Mill kWh), Klausenburg und Aghires „Sorecani“ (17 Mill kWh), Czernowitz (16 Mill kWh) und Großwardein (11 Mill kWh).

Für die mit Elektrizität versorgten Orte wurden 4 450 000 Einwohner ermittelt, und da hiervon Orte mit 1 141 000 Einwohnern zu den geräumten Gebieten gehören, genießen rd. 3 285 000 Einwohner oder 27,6 % der Gesamtbevölkerung des neuen Rumäniens die Vorteile der Elektrizität. An Hochspannungs-Übertragungsleitungen waren insgesamt 2471 km vorhanden, von denen etwa 198 km, d. i. 8 %, auf die geräumten Gebiete, und zwar ausschließlich auf Nordsiebenbürgen, entfallen; es verbleiben somit 2273 km (92 %). Ähnlich verhält es sich mit den Wasserkraftanlagen der öffentlichen Elektrizitätswerke, von denen der größte Teil im neuen Rumänien verbleibt, und zwar von insgesamt 30 000 kW installierter Leistung rd. 26 000 kW (87 %) mit einer Jahreserzeugung von rd. 97 Mill kWh, dies entspricht einer mittleren Benutzungsdauer von 3740 h. Von den Wasserkraftwerken der industriellen Unternehmen sind nur 3 % der installierten Leistung verlorengegangen, so daß für diese Betriebe rd. 25 000 kW mit einer Jahreserzeugung von 63 Mill kWh ausgewiesen werden können. Bemerkenswert ist ferner, daß die reichen Erdgas- und Kohlenvorräte sowie die Eisenerz- (rd. 24 Mill t) und Bauxitvorkommen (26 Mill t) bei Rumänien verblieben sind. Dieses an Naturschätzen so reiche Land kann und wird in Zusammenarbeit mit Deutschland ohne Zweifel einen blühenden Aufschwung nehmen.

H. Thieß

DK 621.311.1.003

Aus den Jahresberichten dentscher Elektrizitätswerke[1]). Geschäftsjahr 1939, Liste II

Nr. 23. Preußische Elektrizitäts-AG., Berlin

Trotz der Schwierigkeiten, die durch die Einflüsse des Krieges und durch die ungewöhnliche Kälteperiode des letzten Winters verursacht wurden, konnten die Anforderungen von Strombelieferung für Industrie, Gewerbe, Landwirtschaft und Haushalt erfüllt werden. Die Stromabgabe erfuhr eine Steigerung um 3,5%.

Das Anlagevermögen hat eine Erhöhung um rd. RM 8,407 Mill erfahren. Die Beteiligungen hatten Zugänge durch Kapitalserhöhung der Nienburger Stromversorgungs AG., durch Ankauf von Aktien der Nordwestdeutschen Kraftwerke AG. und der Braunschweigischen Kohlen-Bergwerke. Abgänge entstanden durch den Verkauf der Beteiligung an der Westfälischen Elektrizitäts G. m. b. H. und ferner wurden einige Aktien der Schleswig-Holsteinischen Stromversorgungs AG. und der Hannover-Braunschweigischen Stromversorgung AG. zur Beteiligung von Kommunalverbänden an diesen Unternehmungen abgegeben. Das Umlaufvermögen veränderte sich nur unwesentlich.

Die Verbindlichkeiten haben sich um rd. RM 1,890 Mill ermäßigt. Die Währungsschulden sind wieder zu ihren Entstehungskursen ausgewiesen und weisen nach planmäßiger Tilgung noch den Bestand von £ 471 800,— = RM 9 624 700,—, $ 679 000,— = RM 2 677 800,— und sFrs. 24 645 500,— = RM 20 002 287,— auf, wobei der Eigenbesitz an Bonds in Abzug gebracht ist. Dividende wieder wie im Vorjahre 6%.

[1]) Letzter Bericht, Liste I 1939; ETZ 61 (1940) H. 40, S. 919.

Nr. 24. Lech Elektrizitätswerke AG., Augsburg

Das Stromverkaufsgeschäft hat sich befriedigend entwickelt. Das Anlagevermögen erfuhr eine Erhöhung durch umfangreiche Bauvorhaben, zu deren Durchführung zunächst Bankkredite in Anspruch genommen wurden, die jedoch durch genehmigte und im Jahre 1940 zur Auflegung gelangende 5% Anleihe wieder glattgestellt sein werden. Unter den Verbindlichkeiten steht die 7% Schweizer Frankenanleihe nach planmäßiger Tilgung noch mit sFrs. 13 924 000,— = RM 11 273 427,— zu Buch. Dividende 5%.

Nr. 25. VEW. Vereinigte Elektrizitätswerke Westfalen AG., Dortmund

Das Aktienkapital wurde um RM 30 Mill auf RM 70 000 000 erhöht. Hiervon übernahm die bisherige Alleinaktionärin, die Westfälische Elektrizitätswirtschaft G. m. b. H. (WEW.) nom. RM 10 Mill Aktien zum Kurse von 110%, die gegen Darlehnsforderungen verrechnet wurden, während der Rest von Gemeinden und Gemeindeverbänden des Versorgungsgebietes gezeichnet wurden. Die noch fehlenden Einzahlungen von RM 14 570 975,— sind als ausstehende Forderungen unter Umlaufvermögen ausgewiesen. Der Stromabsatz hat seit Bestehen der AG. den höchsten prozentualen Zuwachs erfahren. Die rechtzeitig in Angriff genommenen Erweiterungen der Kraftwerke konnten planmäßig durchgeführt und in Betrieb genommen werden; ebenso wurden die Leitungen wesentlich erweitert. Zur Finanzierung künftiger Bauten und zur Durchführung sonstiger Aufgaben stehen die Einzahlungen auf die Kapitalerhöhung zur Verfügung, und ferner ist durch Beschluß der HV. vom 31. 8. 1939 der Vorstand ermächtigt, weitere bis zu RM 20 Mill Aktien bei Bedarf auszugeben. Die Beteiligungen weisen nur geringfügige Veränderungen auf. Unter



Vermögensaufstellung und Ertragsrechnung

Geschäftsjahr 1939, Liste II

Die Zahlen des letzten Geschäftsjahres sind in stärkeren, stehenden Ziffern, die der früheren Jahre in schwächeren, schrägen Ziffern gedruckt. Die Werte sind in 1000 RM angegeben.

Lfd. Nr.	Namen Wohnsitz	Letzte Veröffentlichung i. d. ETZ	Letztes Betriebsjahr	Aktiva: Anlagevermögen	Aktiva: Beteiligungen	Aktiva: Umlaufvermögen	Vermögensaufstellung Summe	Passiva: Aktien- oder Grundkapital	Passiva: Reserven u. Rücklagen	Passiva: Wertberichtigungen	Passiva: Verbindlichkeiten	Passiva: Reingewinn	Ausgaben: Betriebs- und Geschäftsunkosten	Ausgaben: Abschreibungen u. Rücklagen	Ausgaben: Zinsen	Ausgaben: Steuern und soziale Abgaben	Ausgaben: Reingewinn	Ertragsrechnung Summe	Erträgnisse: aus Betrieb	Erträgnisse: sonstige	Verteilte Dividende %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
23	Preußische Elektrizitäts AG., Berlin	1939 S.1332 Nr.23	1.4.39—31.3.40	138 253 *127 838*	102 597 *103 350*	55 980 *54 852*	294 830 *286 028*	110 000 *110 000*	43 110 *38 115*	53 836 *48 155*	80 973 *82 863*	6 911 *6 895*	4 634 *4 426*	7 196 *8 535*	1 600 *1 759*	6 937 *5 364*	6 911 *6 895*	27 278 *26 984*	18 321 *18 579*	8 957 *8 405*	6 *6*
24	Lech, Elektrizitäts Werke AG., Augsburg	1940 S. 385 Nr. 3	1.1.—31.12.39	82 739 *80 579*	4 000 *4 001*	4 190 *3 731*	90 929 *88 311*	40 532 *40 532*	5 240 *5 100*	24 460 *12 404*	18 590 *18 169*	2 107 *2 106*	1 325 *1 427*	1 980 *1 938*	767 *678*	3 816 *3 133*	2 107 *2 106*	9 995 *9 282*	9 579 *8 649*	416 *633*	5 *5*
25	VEW Vereinigte Elektrizitätswerke Westfalen AG., Dortmund	1939 S.1332 Nr.42	1.1.—31.12.39	309 628 *293 358*	2 029 *2 097*	47 197 *25 604*	358 854 *321 059*	70 000 *40 000*	32 710 *29 660*	115 560 *106 520*	137 838 *142 325*	2 746 *2 554*	14 626 *18 258*	18 436 *14 063*	6 058 *4 932*	7 246 *7 888*	2 746 *2 554*	49 112 *47 689*	47 320 *43 121*	1 792 *4 568*	4½ *4½*
26	Main-Kraftwerke AG., Frankfurt a. M.-Höchst	1940 S. 385 Nr. 11	1.1.—31.12.39	46 716 *46 348*	2 466 *2 118*	6 351 *3 723*	55 533 *52 189*	22 400 *22 400*	2 437 *2 404*	16 237 *14 903*	13 525 *11 557*	934 *925*	1 974 *1 947*	1 306 *1 292*	417 *500*	1 921 *1 794*	934 *925*	6 552 *6 458*	6 368 *6 109*	184 *349*	4 *4*
27	Steiermärkische Elektrizitäts-AG., Graz	1940 S. 385 Nr. 14	1.1.—31.12.39	16 525 *15 587*	67 *0*	2 871 *2 749*	19 463 *18 336*	6 660 *6 667*	1 966 *2 805*	6 594 *3 232*	4 243 *5 176*	— *456*	Reichsmark-Eröffnungsbilanz zum 1. Januar 1940 *1 137*	*2 743*	*170*	*9*	*456*	*4 515*	*2 588*	*1 927*	— *4*
28	Kommunales Elektrizitätswerk Mark AG., Hagen	1940 S. 385 Nr. 15	1.1.—31.12.39	71 153 *66 706*	49 *119*	18 418 *9 517*	89 620 *76 342*	15 000 *15 000*	3 780 *3 250*	47 854 *46 036*	21 929 *11 043*	1 057 *1 013*	3 538 *3 088*	3 135 *4 230*	583 *349*	2 455 *2 393*	1 057 *1 013*	10 748 *11 073*	10 661 *9 996*	87 *1 077*	7 *7*
29	ESAG Elektrizitätswerk Sachsen-Anhalt AG., Halle (Saale)	1940 S. 385 Nr. 17	1.1.—31.12.39	49 538 *43 047*	3 877 *3 327*	3 908 *4 300*	57 323 *50 674*	16 000 *16 000*	2 750 *2 750*	31 436 *27 270*	5 820 *3 327*	1 317 *1 317*	1 800 *1 735*	2 455 *2 655*	23 *0*	2 278 *1 926*	1 317 *1 317*	7 871 *7 633*	7 576 *7 215*	295 *413*	6 *6*
30	EMR Elektrizitätswerk Minden-Ravensberg GmbH., Herford	1940 S. 385 Nr. 20	1.1.—31.12.39	37 177 *34 288*	— —	3 500 *4 396*	40 677 *38 684*	9 600 *9 600*	10 537 *9 810*	17 898 *16 840*	1 949 *1 734*	693 *700*	4 052 *3 436*	3 043 *2 417*	0 *0*	1 680 *2 056*	693 *700*	9 468 *8 609*	8 840 *8 102*	628 *507*	6 *6*
31	Rheinisches Elektrizitätswerk im Braunkohlenrevier AG., Köln	1939 S.1332 Nr.25	1.1.—31.12.39	25 747 *20 822*	0 *0*	10 846 *17 937*	36 593 *38 759*	12 800 *12 800*	1 280 *1 280*	21 984 *19 655*	417 *4 916*	111 *108*	1 240 *1 207.*	2 500 *2 500*	0 *0*	2 231 *1 863*	111 *108*	6 082 *5 678*	5 469 *5 078*	613 *637*	— —
32	ÖKA Oesterreichische Kraftwerke AG., Linz a. d. D.	1940 S. 432 Nr. 47	1.1.—31.12.39	79 110 *74 520*	153 *228*	7 611 *5 379*	86 874 *80 127*	30 000 *30 000*	8 024 *8 024*	29 789 *26 211*	17 505 *15 892*	1 556 —	2 245	2 662 *Reichsmark-Eröffnungsbilanz zum 1. Januar 1939*	575	1 635	1 556	8 673	8 564	109	2,8 —
33	Großkraftwerk Württemberg AG., Heilbronn	1940 S. 385 Nr. 19	1.1.—31.12.39	4 056 *4 007*	216 *216*	958 *1 002*	5 230 *5 225*	2 900 *2 900*	84 *102*	1 990 *1 947*	104 *125*	152 *151*	76 *79*	132 *159*	0 *0*	257 *238*	152 *151*	617 *627*	536 *475*	81 *152*	5 *5*
34	Braunschweigische Kohlen-Bergwerke, Helmstedt	1940 S. 880 Nr. 85	1.1.—31.12.39	95 301 *82 727*	2 002 *2 458*	8 872 *6 384*	106 176 *91 569*	20 000 *20 000*	11 988 *10 115*	49 380 *40 009*	22 663 *19 300*	2 145 *2 145*	10 266 *9 337*	12 207 *9 911*	742 *754*	8 897 *6 728*	2 145 *2 145*	34 257 *28 875*	33 769 *28 216*	488 *659*	10 *10*
35	Rheinische Elektrizitäts-AG., Mannheim	1939 S.1332 Nr.30	1.1.—31.12.39	9 314 *9 212*	8 449 *8 708*	10 816 *7 566*	28 579 *25 486*	14 000 *14 000*	5 711 *2 933*	4 789 *4 706*	2 880 *2 655*	1 199 *1 192*	3 432 *2 973*	2 422 *404*	0 *0*	1 636 *1 801*	1 199 *1 192*	8 689 *6 370*	5 505 *5 010*	3 184 *1 360*	7 *7*
36	AG. für Licht- und Kraftversorgung, München	1940 S. 432 Nr. 48	1.1.—31.12.39	3 164 *3 210*	2 163 *1 926*	2 675 *2 721*	8 002 *7 857*	3 000 *3 000*	1 117 *998*	1 918 *1 811*	1 733 *1 819*	234 *229*	1 132 *1 207*	151 *163*	0 *0*	393 *265*	234 *228*	1 910 *1 863*	1 578 *1 591*	332 *265*	6 *6*
37	Fränkisches Ueberlandwerk AG., Nürnberg	1939 S.1332 Nr.33	1.1.—31.12.39	29 150 *27 833*	0 *0*	5 576 *5 427*	34 726 *33 260*	7 205 *7 205*	10 472 *9 223*	12 753 *12 698*	3 825 *3 663*	471 *471*	1 701 *1 683*	1 729 *1 539*	147 *151*	1 675 *1 690*	471 *471*	5 723 *5 534*	5 498 *5 340*	225 *194*	6 *6*
38	Großkraftwerk Franken AG., Nürnberg	1939 S.1332 Nr.34	1.1.—31.12.39	27 878 *24 347*	10 *10*	7 075 *7 413*	34 963 *31 770*	7 313 *7 313*	7 537 *5 988*	17 658 *16 055*	1 961 *1 922*	494 *492*	250 *258*	3 271 *3 117*	0 *0*	2 166 *2 040*	494 *492*	6 181 *5 907*	6 031 *5 746*	150 *161*	6 *6*
39	Niederrheinische Licht- und Kraftwerke AG., Rheydt	1940 S. 432 Nr. 53	1.1.—31.12.39	21 062 *20 602*	1 200 *1 200*	1 999 *1 877*	24 261 *23 679*	6 000 *6 000*	2 129 *2 056*	11 062 *10 647*	4 650 *4 575*	400 *401*	1 041 *941*	557 *636*	151 *149*	672 *625*	400 *401*	2 821 *2 752*	2 710 *2 484*	111 *168*	6½ *6½*
40	Thüringenwerk AG., Weimar	1939 S.1332 Nr.39	1.1.—31.12.39	17 597 *16 842*	11 092 *11 092*	4 514 *3 999*	33 203 *31 933*	22 200 *22 200*	1 292 *948*	6 035 *5 284*	2 451 *2 340*	1 225 *1 161*	370 *345*	946 *880*	0 *0*	1 248 *852*	1 225 *1 161*	3 789 *3 238*	3 322 *2 898*	467 *340*	5 *5*
41	Ueberlandwerk Mainfranken AG., Würzburg	1939 S.1332 Nr.40	1.1.—31.12.39	14 853 *14 870*	225 *217*	3 356 *2 840*	18 434 *17 927*	7 000 *7 000*	3 473 *3 046*	6 610 *6 524*	822 *845*	529 *512*	911 *889*	488 *417*	0 *0*	1 125 *877*	529 *512*	3 053 *2 695*	2 794 *2 529*	259 *166*	6 *6*
42	Elektr. Verband Stade u. Uebldwk. Nord-Hannover AG., Bremen	1939 S.1332 Nr.41	1.1.—31.12.39	41 978 *23 566*	0 *0*	8 129 *2 536*	50 107 *26 102*	19 571 *19 571*	2 017 *1 613*	19 131 *1 582*	9 388 *3 336*	— 256 —	146 *203*	2 058 *1434*	249 *226*	0 *0*	— 256 *314*	2 453 *2 177*	2 197 *2 142*	256 *35*	— —
43	Stadtwerke Bielefeld, Bielefeld	1938 S. 128 Nr. 31	1.1.—31.12.38	60 248 *43 670*	3 *3*	6 053 *4 504*	66 301 *48 177*	16 909 *8 153*	10 364 *190*	27 041 *27 793*	11 953 *11 846*	37 *195*	11 573 *2 826*	0 *1 047*	414 *185*	1 529 *754*	37 *458*	13 553 *5 270*	13 424 *5 076*	129 *194*	— —
44	Deutsche Continental-Gas-Gesellschaft, Dessau	1940 S. 432 Nr. 57	1.4.39—31.3.40	83 096 *79 366*	88 307 *90 994*	53 208 *34 445*	224 611 *204 805*	75 000 *75 000*	37 162 *33 605*	46 698 *43 097*	61 048 *48 653*	4 703 *4 450*	8 028 *7 820*	4 061 *5 854*	1 612 *1 736*	9 526 *8 740*	4 703 *4 450*	27 930 *28 600*	17 855 *17 173*	10 075 *11 427*	6 *6*



den Verbindlichkeiten stehen nach planmäßiger Tilgung die Amerikaanleihen mit $ 4 037 954,— = RM 16 959 410,— zu Buch. Dividende wieder 4,5%.

Nr. 26. Main-Kraftwerke AG., Frankfurt (Main)-Höchst

Die Stromabgabe ist auch im vergangenen Jahre weiter gestiegen. Die Verbindlichkeiten gegenüber Konzernunternehmungen und Banken haben sich infolge des weiteren Ausbaues der Versorgungsgebiete und der neuen Beteiligungen erhöht. Dividende wieder 4%.

Nr. 27. Steiermärkische Elektrizitäts-AG., Graz

Gemäß der Umstellungsverordnung vom 2. 8. 1938 ist die Reichsmark-Eröffnungsbilanz auf den 1. 1. 1940 aufgestellt worden. Die Neubewertung des Vermögens hat nach Abzug der Wertberichtigungen eine Vermögenssubstanz von RM 13 545 936,— ergeben, wovon RM 10 077 861,— auf Anlagevermögen entfallen. Die Neufestsetzung der Verpflichtungen zeitigte eine Summe von RM 4 919 760,—, bestehend aus Rückstellungen in Höhe von RM 676 571,— und sonstigen Verbindlichkeiten in Höhe von RM 4 240 398,—. Die Konzernverbindlichkeiten enthalten eine Anleiheverpflichtung gegenüber der Schweizerischen Elektrizitäts- und Verkehrsgesellschaft in Basel in Höhe von RM 3 851 575,—, wobei die Umrechnung der Schweizer Anleihe auf Reichsmark zum Kurse der Berliner Börse vom 1. 1. 1940 erfolgt ist. Das nach Abzug der Schulden verbleibende Gesamtvermögen ist verteilt in RM 4 000 000,— Stammaktien, RM 2 660 000,— Vorzugsaktien, RM 666 000,— gesetzliche Rücklagen und RM 1 300 176 freie Rücklagen. Die Herabsetzung des Grundkapitals um RM 6667,— ist aus Abrundungszwecken mit dem Einverständnis der Vorzugsaktionäre erfolgt. Die AG. steht im Konzernverhältnis zur Schweiz. Elektr. und Verkehrsgesellschaft in Basel und sie besitzt das gesamte Kapital der Oesterreichischen Baugesellschaft für Verkehrs- und Kraftanlagen i. L. in Graz.

Nr. 28. Kommunales Elektrizitätswerk Mark AG., Hagen

Im Laufe des Berichtsjahres hat eine Steigerung der Stromerzeugung um 7% stattgefunden und die Verbrauchsentwicklung ist in ständigem Steigen begriffen. Insgesamt wurden direkt und indirekt 49 Gemeinden mit etwa 770 Orten und Bauernschaften mit rd. 410 000 Einwohnern mit Strom versorgt. Zur Erhöhung der Einsatzfähigkeit waren ein Hochdruck-Dampfkesselwerk sowie Neuanlagen höherer Leistungsfähigkeit im Bau, deren Vollendung mit allen Kräften gefördert wird.

Das Anlagevermögen erfuhr eine Erhöhung von rd. RM 4 500 000,—. Bei den Beteiligungen kommt der Anteil an der Westdeutschen Elektrizitäts-Wirtschaft AG. in Fortfall, während die Beteiligung an einer gemeinnützigen Wohnungsbau Ges. in Zugang kommt. Die Verbindlichkeiten erhöhen sich durch die begebenen RM 15 000 000,— Teilschuldverschreibungen, wogegen beim Umlaufvermögen das Bankguthaben um rd. RM 8 500 000,— höher ist. Dividende wieder 7%.

Nr. 29. ESAG Elektrizitätswerk Sachsen-Anhalt AG., Halle (Saale)

Die seit Jahren anhaltende Steigerung des Strombedarfs setzte sich auch im Berichtsjahre trotz des Krieges fort, die Stromabgabe erfuhr eine Steigerung um 15,2%. Beim Anlagevermögen wird ein Zuwachs von rd. RM 7 000 000,— ausgewiesen durch Erweiterungsbauten an Umspannwerken und Leitungen, Erwerb von Grundstücken sowie Bau von Anlagen im Hochvoltnetz, in einem Kraftwerk und einem Überlandwerk. Die Beteiligungen vermehrten sich durch den Erwerb von Beteiligungen an Kohlengruben. Beim Umlaufvermögen sind die Bankguthaben infolge der regen Bautätigkeit um rd. eine Million RM gesenkt, während sich die Außenstände erhöht haben. Die Verbindlichkeiten haben sich auf Grund der Investierungen und durch größeren Strombezug um rd. RM 2,5 Mill vermehrt. Die Dividende beträgt wieder 6%.

Nr. 30. Elektrizitätswerk Minden-Ravensberg G. m. b. H., Herford

Die Stromabgabe stieg um 11,5%. Die Erzeugungs- und Verteilungsanlagen wurden den gestellten Anforderungen entsprechend planmäßig erweitert. Der bisher durch die Herforder Elektrizitätswerke Bokenmann & Kuhle belieferte Teil der Stadt Herford wurde gemäß geschlossenen Vertrages an die G. m. b. H. angegliedert. Das Versorgungsgebiet umfaßt zehn Städte und 213 Landgemeinden. Die Beteiligungen, Straßenbahn Minden G. m. b. H., Herforder Kleinbahnen G. m. b. H. sowie fünf weitere Beteiligungen sind auf den Merkwert von je einer RM abgeschrieben worden. Dividende wieder 6%.

Nr. 31. Rheinisches Elektrizitätswerk im Braunkohlenrevier AG., Köln

Das gesamte Aktienkapital befindet sich in dem Besitz der Muttergesellschaft, der Rheinischen AG. für Braunkohlenbergbau und Brikettfabrikation in Köln. Das Elektrizitätswerk besitzt keinen eigenen Grund und Boden, vielmehr sind alle Werkanlagen und Gebäude auf dem Gelände der Muttergesellschaft errichtet worden. Im Bericht der letzteren wird erwähnt, daß das Kraftwerk mit voller Leistung gearbeitet habe. Das Anlagevermögen hat um rd. 4,9 Mill RM zugenommen, während das Umlaufvermögen um rd. 7,1 Mill RM abgenommen hat. Die Bilanz weist eine außerordentliche Flüssigkeit auf. Der Gewinn wird an die Muttergesellschaft abgeführt.

Nr. 32. ÖKA Oesterreichische Kraftwerke AG., Linz a. d. Donau

Die Wasserverhältnisse waren im ersten Teil des Berichtsjahres ungünstig. Die Gesamterzeugung erhöhte sich nur unwesentlich, jedoch konnte trotz des Krieges die Stromverpflichtung in vollem Umfange erfüllt werden. Das Stromversorgungsgebiet erfuhr räumlich durch das dem Reichsgau Oberdonau angegliederte südböhmische Gebiet, dessen Stromversorgungsanlagen erworben wurden, eine nicht unbedeutende Erweiterung. Ferner wurden eine Reihe größerer und kleinerer Elektrizitätswerke erworben und die direkte Stromversorgung von 30 Genossenschaften übernommen. Das Anlagevermögen ist durch Erweiterung des Kraftwerks, durch Ausbau des Hochspannungsnetzes, durch Erweiterung und Verstärkung der Ortsnetze usw. um rd. 4,6 Mill RM gestiegen. Die Beteiligungen haben einen Zuwachs von 0,125 Mill RM erfahren, während das Umlaufvermögen eine Steigerung von rd. 2,230 Mill RM aufweist. Die Oeka betreibt auch eine eigene Aluminium- und Elektrodenfabrik, deren mit 1,041 Mill RM ausgewiesene Anlagen im Gesamtanlagevermögen enthalten sind. Die Erhöhung der Verbindlichkeiten ist auf die Aufnahme von Bankkrediten für die Bauten und zur Rückzahlung der Bahnobligationen-Anleihen von 1923—27 und der 6% OWEAG Prioritätsanleihe von 1922 zurückzuführen. Des weiteren wurde eine teilweise Umschuldung der Schweizer Frankenschuld vorgenommen; im Zuge derselben wurde ein Bank-Überbrückungskredit von RM 3 500 000,— aufgenommen. Die Schulden in fremder Währung betragen $ 171 020,— = RM 459 244,— 8% Dollar-Obligationen und sFrs. 3 156 151,— = RM 1 779 082,— Hyp.-Schuld an die Bank für elektr. Unternehmungen in Zürich. Die Dividende beträgt RM 2,80 netto auf jede 100 Schilling-Aktie. Das neue Grundkapital von RM 30 000 000,— ist derzeit noch in 40 000 Stück Aktien je S. 100 zerlegt; der Umtausch der Schilling-Aktien in Reichsmark-Aktien ist für die Sommermonate 1940 vorgesehen.

Nr. 33. Großkraftwerk Württemberg AG., Heilbronn

Die Stromerzeugung erfuhr infolge der günstigen Wasserführung des Neckar in dem von der Neckar AG. gepachteten Wasserkraftwerk eine Steigerung, die sich mit 7,3% auswirkte. Die erzeugte Energie, soweit sie nicht in den versorgten Gebieten zur Abnahme kam, wurde an die EVS Energieversorgung Schwaben AG. (früher EVW Elektrizitätsversorgung Württemberg AG.) geliefert. Bei dem Anlagevermögen haben die notwendigen Werkerneuerungen stattgefunden. Die Beteiligungen finden zahlenmäßig nur geringe Veränderung. Dividende wieder 5%.

Nr. 34. Braunschweigische Kohlen-Bergwerke, Helmstedt

Die AG. betreibt Rohkohlenförderung, Brikettfabrikation, Verwertung der Kohlenerzeugnisse sowie Erzeugung und Verwertung von elektrischem Strom. Im Berichtjahre stieg in allen Arbeitsabteilungen die Erzeugung zum Teil sprunghaft weiter und die Arbeitskraft und die Geräte wurden demgemäß aufs äußerste beansprucht. Das Kraftwerk Harbke in Helmstedt und einige andere kleinere Werke befinden sich im Besitze der AG., die auch an der Überlandzentrale Helmstedt AG. stark beteiligt ist.

Die Bilanz ist für alle Betriebe gemeinsam, doch geht aus den Bilanzziffern hervor, daß von dem RM 95,30 Mill ausgewiesenen Anlagevermögen RM 54,58 Mill die elektrischen Werkanlagen und Netzleitungen betreffen. Von der rd. RM 3,6 Mill betragenden Steigerung des Anlagevermögens sind über RM 3 000 000,— direkt für elektrische Betriebe verwendet worden. Die Beteiligungen zählten rd. RM 59 000,— Zugänge gegenüber RM 514 000,— Abgängen durch Abschreibung. Unter den Verbindlichkeiten ist das hyp. gesicherte Darlehn von RM 12 Mill auf RM 15 Mill erhöht worden. Dividende wieder 10%.

Nr. 35. Rheinische Elektrizitäts-AG., Mannheim

Der Stromabsatz der eigenen Werke und der Tochtergesellschaften hat eine Absatzzunahme bis 20% erfahren. Der Ertrag hat sich im Durchschnitt in der Höhe des Vorjahres gehalten. Die Anlagen haben die notwendigen und planmäßigen Erneuerungen erfahren und stehen nur wenig über der vorjährigen Höhe zu Buch. Die Beteiligungen weisen RM 1,992 Mill Zugänge und RM 2,251 Abgänge auf. Die Ueberland Jagstkreis AG. verdoppelte ihr Aktienkapital, an dem die AG. mit RM 2 000 000,— beteiligt war; die neue Beteiligung von RM 2 000 000,— junger Aktien wurden zum Kurse von 150% an die Energie-Versorgung Schwaben AG. abgetreten. Der aus diesem Verkauf ausgewiesene außerordentliche Ertrag wurde den Rücklagen und Unterstützungsfonds zugewiesen. Beim Umlaufvermögen sind die verfügbaren Mittel, Bankguthaben, Kasse, Wechsel und Effekten um rd. RM 3 000 000,— gewachsen. Dividende wieder 7%.

Nr. 36. AG. für Licht- und Kraftversorgung, München

Die günstige Entwicklung im Geschäftsbereich der AG. hat sich fortgesetzt, so daß die eigenen Werke und die Beteiligungen gute Ergebnisse erzielten. Die Abgabe von Strom und Gas ist erneut gestiegen; die AG. betätigt sich in beiden Energiearten. Die Versorgungsanlagen wurden erweitert und technische Verbesserungen durchgeführt. Gemeinsam mit sieben Städten und Gemeinden wurde die Energieversorgung Lohr-Karlstadt G. m. b. H. gegründet und die bisher getrennte Versorgung in die Hand der AG. gelegt. Die Beteiligungen fanden dadurch eine entsprechende Erhöhung. Die Bilanz zeigt eine große Flüssigkeit. Dividende 6%.

Nr. 38. Großkraftwerk Franken AG., Nürnberg

Die auch im Jahre 1939 anhaltende starke Aufwärtsentwicklung des deutschen Wirtschaftslebens brachte bei der AG. trotz des Krieges eine beträchtliche Vermehrung des Stromabsatzes. Die durch die Tochtergesellschaft, die Betriebsgemeinschaft Kachlet-Franken G. m. b. H., angegliederten Wasserkraftwerke hatten eine besonders gute Wasserführung und konnten praktisch vollkommen ausgenutzt werden. Die verbundwirtschaftliche Zusammenarbeit mit dem Bayernwerk ergab durch wechselseitige Stromlieferungen eine günstige Anpassung an die jeweiligen beiderseitigen Betriebsbedürfnisse.

Das Anlagevermögen hat sich infolge Fertigstellung verschiedener Erweiterungen entsprechend erhöht, beim Umlaufvermögen haben die Wertpapiere durch Zugang von 4,5% Reichsschatzanweisungen sowie Steuergutscheinen eine Erhöhung erfahren, bei den Verbindlichkeiten wurden aufgewertete Anleihen der Jahre 1917, 1918 und 1920 planmäßig getilgt. Dividende 6%.

Nr. 39. Niederrheinische Licht- und Kraftwerke AG., Rheydt

Die AG. betätigt sich in beiden Energiearten, Strom sowohl wie Gas. In der Bilanz sind die Anlagen für Elektrizitätsbetrieb mit RM 350 864,— ausgewiesen. Im Berichtsjahre war der Stromabsatz unter Berücksichtigung der besonderen Verhältnisse zufriedenstellend und die Zahl der Stromabnehmer hat sich erhöht. Die Verbindlichkeiten bestehen in der Hauptsache aus rd. RM 4 100 000,— langfristigen Darlehen. Dividende wieder 6,5%.

Nr. 40. Thüringenwerk AG., Weimar

Der Stromabsatz steigerte sich um 29,8%. Beim Anlagevermögen erfuhren nur die Freileitungen, einzelne Betriebsanlagen sowie der Grundstücksbestand Erhöhungen, die Beteiligungen blieben unverändert. Das Umlaufvermögen enthält rd. RM 2 700 000,— liquide Mittel an Kasse, Bankguthaben und Effekten. Dividende wieder 5%.

Nr. 41. Überlandwerk Mainfranken AG., Würzburg

Das Unternehmen hat sich sehr gut entwickelt und der Stromabsatz an alle Abnehmergruppen wächst in dem ausgebauten Versorgungsgebiet stetig an. Während des Berichtsjahres wurde nahezu der gesamte Strom aus den Anlagen der Bayernwerk AG. bezogen. Beim Anlagevermögen hielten Zugänge und Abgänge sich fast die Waage, die Beteiligungen erfuhren durch den Zukauf einiger Aktien einer Tochtergesellschaft eine kleine Erhöhung und das Umlaufvermögen besteht fast zur Hälfte aus flüssigen Mitteln. Unter den Passiven weisen die Wertberichtigungen besonders hohe Zahlen auf, während die anderen Positionen nur geringe Änderungen zeigen. Dividende wieder 6%.

Nr. 42. Elektrizitätsverband Stade (Zweckverband) und Ueberlandwerk Nord-Hannover AG., Bremen

Die Stromabgabe erfuhr eine Steigerung um 12,8%. Bereits im Vorjahre war eine Neubewertung der Anlagen vorgenommen und im Berichtsjahre sind die Ausweiszahlen endgültig dem Bilanzschema der elektrischen Versorgungsbetriebe angepaßt worden, wobei die Anlagen zum Gestehungswert eingesetzt und die darauf bereits vorgenommenen Abschreibungen auf der Passivseite unter Wertberichtigungen aufgeführt wurden. Zwischen dem Verband und der Ueberlandwerk Nord-Hannover AG. besteht ein Vertrag, demzufolge der ausgewiesene Gewinn dem Verbande zufließt, der alleiniger Aktionär der AG. ist. Zur Abrechnung stellt die AG. eine besondere Bilanz auf. In der Bilanz des Verbandes ist diese Beteiligung bereits vor zwei Jahre vollständig auf Null abgeschrieben worden. Auch in diesem Jahre verwendet der Verband den ihm von der AG. zugeflossenen Gewinnüberschuß zu Abschreibungen und Zuwendungen für soziale Zwecke und geht selbst mit einem Verlustsaldo von RM 255 784,— in das neue Geschäftsjahr hinein.

Bei der AG. wurden die geplanten Umbauten der Umspannwerke fertiggestellt und Arbeiten an den Hochspannungsnetzen durchgeführt. Sechs neue Ortsnetze wurden angeschlossen. Im Bericht des Verbandes wird mitgeteilt, daß mit Wirkung vom 1. Januar 1940 von den Hamburgischen Electricitäts-Werken die Stromverteilungsanlagen und Stromlieferungsrechte in der Stadt Cuxhaven auf den Verband übergegangen sind, zu welchem Zwecke die Aufnahme einer Anleihe von RM 6 200 000,— erforderlich war.

Nr. 43. Stadtwerke Bielefeld, Bielefeld

Das Berichtsjahr 1938 brachte bei allen Betrieben eine günstige Weiterentwicklung. Durch Ergänzung und Erweiterung der Erzeugungsanlagen gelang es, dieselben rechtzeitig dem steigenden Energiebedarf anzupassen. Die Stromerzeugung erfuhr gegen das Vorjahr eine Steigerung um 11%. Zum 1. Januar 1938 wurde eine neue Eröffnungsbilanz aufgestellt, wobei die Anlagenwerte und das Umlaufvermögen eine Erhöhung von RM 7 819 700,— und dagegen auf der Passivseite die Versorgungsverpflichtungen und die Schulden eine solche von RM 8 216 369,— aufweisen. Die Bilanz ist für alle Städtischen Werke gemeinsam, doch werden unter dem mit RM 60 248 343,— ausgewiesenen Anlagevermögen für das Elektrizitätswerk RM 24 472 642,— und für Gemeinschaftsanlagen RM 5 096 230,— angegeben; auf der Schuldenseite sind von RM 27 040 638,— Wertberichtigungen für das Eltwerk RM 10 753 954,— und für Gemeinschaftsanlagen RM 1 721 385,— ausgewiesen. Der Nettoertrag der Gesamtbilanz fließt der Stadtkasse zu.

Nr. 44. Deutsche Continental-Gas-Gesellschaft, Dessau

Der Stromabsatz der elektrizitätswirtschaftlichen Eigenbetriebe und Beteiligungen, der bereits im Vorjahre die Milliardengrenze überschritten hatte, erfuhr eine weitere Steigerung um 15%. Die Bilanz ist für alle Betriebe gemeinsam. Das Anlagevermögen hat durch Erweiterung der Erzeugungs- und Verteilungsanlagen und sonstige vorgenommene Werkbauten, sowie durch Grundbesitzerwerb, unter Berücksichtigung der Abgänge und Abschreibungen eine Erhöhung von rd. RM 3 919 000,— erfahren. Die Beteiligungen ermäßigten sich um rd. RM 2 688 000,—. Die der AG. durch den Verkauf der Beteiligungen an der Deutschen Gasgesellschaft AG. und der Gasbetriebsgesellschaft AG. an die Stadt Berlin zugeflossenen Mittel wurden zu einem Teil angelegt in dem Erwerb der Mehrheit der Aktien der Nordböhmischen Elektrizitäts-Werke AG., Bodenbach, aus dem Besitz der Schweizerischen Gesellschaft für elektrische Industrie, Basel, sowie in einer Reihe weiterer Aktienkäufe und Kapitalserhöhungen verwandter Betriebe der Gas- und Elektrizitätswirtschaft, während zum anderen Teil beim Umlaufvermögen die Wertpapierbestände eine Zunahme um rd. RM 23 594 000,— erfuhren. Die Bankguthaben und Barmittel sind etwa in gleicher Höhe wie im Vorjahre mit rd. RM 5 513 000,— ausgewiesen. Unter den Verbindlichkeiten erhöhten sich die Bankschulden um rd. RM 4 983 000,— und des weiteren wurde im Zusammenhange mit den neuen Beteiligungen Verbindlichkeiten in Höhe von RM 9 248 345,— übernommen, die jedoch im laufenden Geschäftsjahr größtenteils wieder abgedeckt worden sind. Die Währungsschulden werden wie folgt angegeben: gegenüber Banken sFrs. 2 559 670,— je 55,92 = RM 1 431 367,— und sonstige $ 358 317,— je 2,493 = RM 893 285,—. Dividende wieder 6%. *Ksn.*

VERSCHIEDENES

BEKANNTMACHUNGEN

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker (Eingetragener Verein)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus
Fernsprecher: 30 06 31 — Postscheckkonto: Berlin 213 12
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00
Postscheckkonto der ETZ-Verlag G. m. b. H.: Berlin 223 84

Freileitungen

Der Ausschuß für Freileitungen hat einige Änderungen zu den Freileitungs-Vorschriften ausgearbeitet. Diese Änderungen wurden vom Vorsitzenden des VDE genehmigt und mit Wirkung ab 1. Februar 1941 in Kraft gesetzt. Die Schlußfassung von

VDE 0210 g/XII. 40 „Vorschriften für den Bau von Starkstrom-Freileitungen"

ist in ETZ 62 (1941) H. 3, S. 48 veröffentlicht.

Werkzeugmaschinen

Die VDE-Arbeitsgruppe Werkzeugmaschinen im Ausschuß für Errichtungsvorschriften I hat einen Entwurf zu

VDE 0113 „Leitsätze für die elektrische Ausrüstung von Werkzeugmaschinen"

aufgestellt, der in ETZ 62 (1941) H. 3, S. 50 veröffentlicht ist. Begründete Einsprüche hierzu können bis zum 1. März 1941 bei der Geschäftstelle eingereicht werden.

Drähte und Kabel

Der Ausschuß für Drähte und Kabel hatte einen Entwurf zu Änderungen von

VDE 0250 „Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen"

ausgearbeitet, der in ETZ 61 (1940) H. 50, S. 1159 veröffentlicht war. Auf Grund der eingegangenen Einsprüche wurde die Einteilung der Rohrdrähte in § 8 wie folgt geändert:

1. NRA-Leitung: Rohrdraht mit Faserstoffüllung
   Verwendung: für feste Verlegung in trockenen Räumen über Putz
   Nennspannung: 250 V.
2. NRAM-Leitung: Rohrdraht für Bitumenfüllung
   Verwendung: für feste Verlegung in trockenen Räumen über und unter Putz
   Nennspannung: 250 V
3. NRU-Leitung: umhüllter Rohrdraht (gilt als kabelähnliche Leitung)
   Verwendung: für feste Verlegung über und unter Putz
   Nennspannung: 500 V

Die Bestimmungen für NRG-Leitungen in § 8 werden gestrichen.

Die Änderungen wurden im Dezember 1940 durch den Vorsitzenden des VDE genehmigt und treten mit dem Tage der Veröffentlichung in Kraft.

Sicherungswesen

Der Ausschuß für Sicherungswesen hatte in ETZ 61 (1940) H. 50, S. 1159 einen Entwurf zu Änderungen an

VDE 0635 „Vorschriften für Leitungsschutzsicherungen mit geschlossenem Schmelzeinsatz 500 V 200 A"

veröffentlicht.

Gegenüber diesem Wortlaut erhält der 3. Absatz von § 1 folgende Fassung:

Für die Verwendung bleiben solche Erzeugnisse, die bis zu diesem Termin nach VDE 0610/V.38 fertiggestellt sind, auch weiterhin zulässig, wenn ihre Verwendung nicht ausdrücklich durch eine Bestimmung des VDE für unzulässig erklärt ist.

Die Änderungen wurden im November 1940 durch den Vorsitzenden des VDE genehmigt und treten mit dem Tage der Veröffentlichung in Kraft.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
Der Geschäftsführer
Viefhaus

Bezirk Berlin

vormals Elektrotechnischer Verein
(Gegründet 1879)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 IV, VDE-Haus
Fernsprecher: 34 88 85

Fachversammlung

des Fachgebietes „Leitungstelegraphie und -telephonie"

Leiter: Direktor Professor K. Küpfmüller VDE.

Vortrag

des Herrn Oberingenieur A. Flad, Berlin, am Dienstag, dem 21. Januar 1941, um 18[30], in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Hörsaal EB 301, über das Thema:

„Wähltechnik im Fernsprechfernverkehr".

Inhaltsangabe:

Geschichtliche Entwicklung — Gleichstromwahl, Wechselstromwahl, induktive Wahl, Tonfrequenzwahl — Bedeutung der Fernwahl im Fernleitungsnetz und Wirtschaftlichkeit der Fernwahl — Eigenschaften von Signal-Sender und Empfänger — Berücksichtigung der verschiedenen Fernsprech-Verbindungen, Leitungen mit Verstärker, Träger-Frequenz-Verbindungen — Vorführung einiger Fernwahl-Empfänge — Leistung der Empfänger, Sprachunempfindlichkeit — Überblick über in Betrieb befindliche Systeme — Zukunftsaussichten — Aufbau von Leitungen mit Fernwahl-Einrichtungen, Selbstwahl-Fernverkehr, Einfluß der Fernwahl auf Netzgruppen

Eintritt und Kleiderablage frei.

Gemeinsame Versammlung

der Deutschen Lichttechnischen Gesellschaft (DLTG), des Deutschen Vereins von Gas- und Wasserfachmännern (DVGW) und des VDE Bezirk Berlin am Donnerstag, dem 23. Januar 1941, um 17[30], Hörsaal 141 der Technischen Hochschule zu Charlottenburg.

Vortrag des Herrn Regierungsrat Dr. H. Korte DLTG., Berlin, über das Thema:

Die „Neue Kerze"
Zur Einführung der neuen Lichteinheit
(mit Vorführungen).

Inhaltsangabe:

Die früheren Einheiten in den verschiedenen Kulturstaaten — Hefner- und sogenannte Internationale Kerze — „Neue Kerze" in ihrer technischen Entwicklung — Anschluß der technischen Normale

Eintritt und Kleiderablage frei.



Fachversammlung

des Fachgebietes „Funktechnik und Verstärkertechnik"

Leiter: Professor Dr. phil. H. Faßbender VDE.

Vortrag

des Herrn Postrat Dr.-Ing. W. Klein, Berlin, am Dienstag, dem 28. Januar 1941, um 18^{30}, in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Hörsaal HG 25, über das Thema:

„Hochfrequenter Drahtfunk".

Eintritt und Kleiderablage frei.

Arbeitsgemeinschaften (Technischer Nachwuchs)

Die Teilnahme ist frei. VDE-Mitgliedschaft ist nicht Bedingung.

Elektrische Bahnen. Leiter: Reg.-Baurat Dr.-Ing. habil. H. Kother VDE.
20. Januar 1941, 18^{00}, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. Vortragsreihe: Ortsfeste Anlagen des elektrischen Zugbetriebes. 2. Teil: „Ausführungen ortsfester Anlagen des elektrischen Zugbetriebes". 2. Vortrag: Dampfkraftwerke. Vortragender: Dipl.-Ing. K. Schmer VDE.

Installationstechnik. Leiter: Dipl.-Ing. R. Schamberger VDE.
21. Januar 1941, 18^{00}, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. „Schwachstromsteuerung von Starkstromanlagen (Fortentwicklung)". Vortragender: Dipl.-Ing. H. Schaal.

Elektrotechnisches Rechnen. Leiter: Dr.-Ing. L. Mirow VDE.
22. Januar 1941, 18^{00}, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. Ausspracheabend über Methoden der Laplacetransformation (Operatorenrechnung) für Differential- und Integralgleichungen (mit einleitendem Vortrag). Vortragender: E. Hameister VDE.

Hochfrequenztechnik. Leiter: Dr.-Ing. F. W. Gundlach VDE.
23. Januar 1941, 18^{00}, im Hörsaal HG 111 der Technischen Hochschule zu Charlottenburg. Vortragsreihe: Trägerfrequenztechnik. „Filter der Trägerfrequenztechnik." 1. Teil: Theorie und Anforderungen. Vortragender: G. Schneider.

Hochspannungstechnik. Stellv. Leiter: Dipl.-Ing. F. Schultheiss VDE.
24. Januar 1941, 18^{00}, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. „Isolatoren-Prüfung". Vortragender: Dr.-Ing. K. Schaudinn VDE.

VDE Bezirk Berlin
vormals Elektrotechnischer Verein
Der Geschäftsführer
Burghoff

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker

Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus.



Ablauf der Prüfzeichengenehmigung für Leitungsschutzsicherungen 500 V bis 200 A.

Der in ETZ 61 (1940) H. 3, S. 72 bekanntgegebene Zeitpunkt (31. XII. 40) für den Ablauf der Zeichengenehmigungen für Leitungsschutzsicherungen d. h. für Schmelzeinsätze, Sicherungssockel, Paßeinsätze und Schraubkappen wird hiermit unter Bezugnahme auf die Bekanntmachungen des VDE in ETZ 61 (1940) H. 50, S. 1159 und ETZ 62 (1941) H. 3, S. 63 für ungültig erklärt. Die in Frage kommenden Zeichengenehmigungen behalten, sofern nicht in Einzelfällen aus besonderen Gründen eine frühere Streichung erfolgen muß, bis zum 30. VI. 1941 Gültigkeit.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker
Dall

Sitzungskalender

VDE Bezirk Danzig. 20. 1. (Mo), 20^{00}, T. H.: „Funkbild aus Coventry im „J. B." über London—New York—Berlin (Bildtelegraphie auf Kabeln und Kurzwellen)" (m. Lichtb. u. prakt. Vorführ.). Prof. Dipl.-Ing. Schönfeld VDE.

VDE Bezirk Essen (gemeinsam mit dem Haus der Technik). 21. 1. (Di), 17^{30}: „Kurzschlußfortschaltung". Ober-ing. Mayr VDE.

VDE Bezirk Magdeburg-Anhalt, Magdeburg. 21. 1. (Di), 19^{00}, Staatl. Ingenieurschule: „Neue Gesichtspunkte in der Auswahl der Isolation auf Grund der Beanspruchung im Betriebe". Dr.-Ing. W. Estorff VDE.

VDE Bezirk Nordbayern, Nürnberg. 17. 1. (Fr), 20^{00}, „Werke und Bahnen Nürnberg", Blumenstr. 16: „Wesen und Wirkung der Röntgenstrahlen; ihre Anwendung und technischen Mittel" (m. Exp. u. Röntgenvorführ.). Dr. Franke.

VDE Bezirk Ostfriesland, Wilhelmshaven. 19. 1. (Sonntag vorm.), Parkhaussaal: „Das neue Geschichtsbild und die weltpolitischen Ereignisse der Gegenwart". Gauschulungswalter Müller-Neuhaus.

PERSÖNLICHES

K. Kühnert. — Mit Ende 1940 ist Herr Dipl.-Ing. Kurt Kühnert als Direktor der Kieler Straßenbahn in den Ruhestand getreten. Am 19. 7. 1873 in Wittenberge geboren, legte er im Frühjahr 1899 in Darmstadt die Diplomhauptprüfung im Leerfach für Elektrotechnik ab, nachdem er inzwischen seiner militärischen Dienstpflicht genügt hatte. In mehrjähriger Tätigkeit bei der Bahnabteilung der AEG hatte Kühnert Gelegenheit, durch Beteiligung am Ausbau einer Reihe von Straßenbahnen sich schon in jungen Jahren große praktische Erfahrungen zu erwerben. Nach einer kürzeren Tätigkeit als Betriebsingenieur bei der Breslauer Straßenbahn, trat er 1907 in die Dienste der Allgemeinen Lokalbahn- und Kraftwerke Aktiengesellschaft über, wo er bis 1911 die Hörder Kreisbahnen und anschließend die Kieler Straßenbahnen leitete.

In weitschauender Planung hat Direktor Kühnert die Kieler Straßenbahn im Laufe der Jahre zu einem großstädtischen Nahverkehrsunternehmen ausgestaltet. Nicht zuletzt ist im Hinblick auf die bei jedem größeren Betrieb auftretenden vielseitigen Sozialprobleme hervorzuheben, daß Kühnert gerecht und gerade, wie ein Betriebsführer nur sein kann, stets um das Wohl und Wehe der ihm anvertrauten Gefolgschaftsmitglieder in vorbildlicher Weise besorgt gewesen und sich zu allen Zeiten mit seiner Gefolgschaft aufs engste verbunden gefühlt hat. Mit ihm scheidet wiederum ein sehr verdienstvoller und in Fachkreisen hochgeschätzter Straßenbahner aus dem praktischen Berufsleben, der die Entwicklung der elektrischen Straßenbahn von ihren Anfängen bis zu dem heutigen fortgeschrittenen Stand durch seine umfangreichen Fachkenntnisse stets kraftvoll gefördert hat.

W. Rauschenberger. — Als Nachfolger des Herrn Direktor Kühnert der Kieler Straßenbahn ist sein langjähriger Stellvertreter und Betriebsführer im Sinne des Gesetzes zur Ordnung der nationalen Arbeit, Herr Dipl.-Ing. Werner Rauschenberger berufen worden.

EINGÄNGE

Bücher

Deutscher Reichsbahn-Kalender 1941. 15. Jg. Herausg. vom Pressedienst des Reichsverkehrsministeriums. Mit 160 S. im Format 160 × 260 mm. Preis 3,20 RM.

[Die Ausgabe 1941 des Reichsbahn-Kalenders steht unter dem Leitwort „Die großdeutsche Aufgabe der Reichsbahn". Bei demselben Umfang und derselben Aufmachung wie in den Vorjahren findet der Benutzer hauptsächlich eine Würdigung des menschlichen Arbeitsanteils an den Leistungen der Reichsbahn. Da diese Leistungen weniger im Blickpunkt der Öffentlichkeit stehen, dennoch aber einen wesentlichen Teil zur Erringung des Endsieges in unserem Existenzkampf beitragen, ist dieser Gedanke sehr zu begrüßen.]

Technik voran! 1941. Herausgeg. v. Reichsinstitut für Berufsausbildung in Handel und Gewerbe. Mit zahlr. B. u. 232 S. im Format 105 × 148 mm. Verlag von B. G. Teubner, Leipzig 1940. Preis kart. 0,95 RM.

[Das diesjährige Jahrbuch bringt für die werktätige Jugend in Schule und Praxis wieder zahlreiche interessante Aufsätze aus den verschiedensten Gebieten der Technik, wobei die Technik im Dienste des Krieges eine besondere Berücksichtigung erfahren hat. Dem preiswerten Kalender ist ein immer größerer Freundeskreis zu wünschen.]

Berichtigung

In meinem Aufsatz „Zink in der Elektrotechnik" in Heft 49 der ETZ 61 (1940) muß auf Seite 1090 die Gl. (2) wie folgt lauten:

$$\frac{q_1}{q_0} = \left(\frac{\varkappa_0}{\varkappa_1}\,\frac{1+\alpha_1 t_1}{1+\alpha_0 t_0}\right)^{0,67}.$$

D. Müller-Hillebrand VDE

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:
Dipl.-Ing. W. Siemer VDE, Berlin-Hohenschönhausen, Quitzowstr. 50
Dipl.-Ing. H. Thieß, Sibiu-Hermannstadt (Rumänien) Str. Goblinus Nr. 1

Abschluß des Heftes: 10. Januar 1941.

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE (z. Z. im Felde)
G. H. Winkler VDE (z. Z. im Felde)
H. Hasse VDE und R. Henrichs VDE
Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

62. Jahrgang | Berlin, 23. Januar 1941 | Heft 4

Die Temperatursturz-Prüfung von großen Porzellanisolatoren

Von W. Estorff VDE, Berlin

DK 621.315.62 : 536.49.001.4

Übersicht. Zum Aussondern keramischer Körper, die mit unzulässigen inneren mechanischen Vorspannungen behaftet sind, dient die Temperatursturz-Prüfung nach VDE 0446, § 8. Derartige Vorspannungen werden auf unsachgemäße Brandführung im Brennofen und ungeeignete Formgebung zurückgeführt und in Größe und Vorzeichen erläutert. Dann werden die bei dem Eintauchen des Scherbens in das heiße und kalte Bad entstehenden zusätzlichen mechanischen Beanspruchungen behandelt. Der Wärmeausdehnungskoeffizient der Glasur spielt eine maßgebende Rolle bei der Verteilung der Beanspruchung über den Querschnitt des Scherbens. Zum Schluß wird ein Verfahren zur Ermittlung der Größe der inneren Vorspannungen vorgeschlagen.

Einleitung

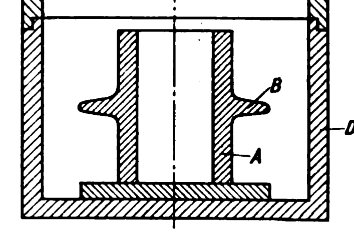
Bekanntlich treten an einzelnen Stützen- und Hängeisolatoren, die die elektrische und mechanische Prüfung einwandfrei bestanden haben, nach längerer Zeit im Betriebe Risse im Scherben auf. Hierdurch entstehen Durchschläge, und der Isolator muß ausgewechselt werden. Man führt das Zutagetreten dieser Fehler auf mechanische Vorspannungen im Scherben zurück, die vom Brennvorgang herrühren. Zum rechtzeitigen Erkennen und Aussondern dieser fehlerhaften Stücke hat man die Temperatursturz-Prüfung mit wechselweisem Eintauchen der Prüflinge in warme und kalte Wasserbäder eingeführt. Die hierdurch aufgeprägten zusätzlichen Druck- und Zugspannungen sollen zum Aufreißen ungeeigneter Scherben führen.

Da die Frage der Eignung der Temperatursturz-Prüfung in den letzten Verhandlungen der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) mehrfach behandelt wurde, wo im besonderen Meinungsverschiedenheiten über die Tauchdauer und Höhe des Temperatursprunges auftauchten, sollen im folgenden sowohl die Herkunft der Vorspannungen als auch die mit dieser Prüfung verknüpften Beanspruchungen betrachtet werden.

Entstehen der inneren Vorspannungen im Scherben

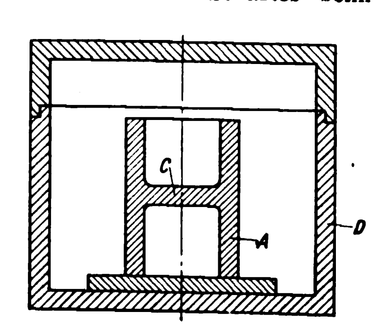
Mechanische Vorspannungen im Scherben entstehen durch zu schnelles Abkühlen des Porzellankörpers nach dem Garbrande im Brennofen; sie werden durch unsachgemäße Formgebung, Anhäufen großer Massen an einzelnen Stellen des Körpers und unvermittelte Übergänge zwischen verschieden großen Querschnitten begünstigt. Auf den Einfluß der Glasur auf die Temperaturwechselempfindlichkeit soll weiter unten gesondert eingegangen werden.

Bild 1 stellt den Längsschnitt durch einen Rotationskörper aus Porzellan dar; *A* ist der Zylindermantel, *B* ein scheibenartig darauf angeordneter Schirm, *D* ist die Brennkapsel aus Schamotte, die den Körper vor dem unmittelbaren Zutritt der Flammen und mitgerissenen Kohle- und Ascheteilchen schützen soll. Nach dem Garbrande wird die Temperatur des Ofens nach Einstellen weiterer Brennstoffzufuhr allmählich abgesenkt. Die bis auf rd. 1400 ° erhitzten Körper geben ihre Wärme durch Strahlung, Konvektion und Leitung durch die Ofenwände nach außen hin ab. Die Temperatur der Kapsel *D* wird bei dem Abkühlungsvorgang tiefer als die des Schirmes *B* und diese wieder tiefer als die des Schaftes *A* liegen. Etwa um 1000 ° herum tritt mit sinkender Temperatur eine Verfestigung des bis dahin noch plastischen Scherbens ein. Der außen liegende Schirm *B*, der im Absinken der Temperatur dem Schaft *A* voraneilt, wird zuerst fest, der Schaft selbst später. Von dem Intervall zwischen den Temperaturen des Schirmes *B* und des Schaftes beim Erstarren des letzteren hängt im wesentlichen die nach Abkühlung des Körpers auf Raumtemperatur zu erwartende Vorspannung des Scherbens ab. Hierbei tritt unter Einwirken der nachträglichen Zusammenziehung des Schaftes *A* im Schirm *B* eine Druckspannung, im Schaft *A* dagegen eine Zugspannung auf, die sich gegenseitig die Waage halten. In ähnlicher Weise wird die innere Oberfläche eines zu schnell abgekühlten glatten, rohrförmigen Körpers nach dem Erkalten unter Zug-, die äußere unter Druckspannung stehen, ohne daß diese Vorspannung sich nach außen hin bemerkbar macht.



A Zylindermantel *B* Schirm
D Brennkapsel

Bild 1. Porzellankörper mit Schirm in der Brennkapsel.



A Zylindermantel *C* Zwischenboden
D Brennkapsel

Bild 2. Porzellanrohr mit Zwischenboden in der Brennkapsel.

In Bild 2 ist ein anderer rohrartiger Körper mit einem Zwischenboden dargestellt. Hier wird bei schnel-

lem Abkühlen zuerst der Zylindermantel *A* die Temperatur erreichen, bei der der Werkstoff vom plastischen in den festen Zustand übergeht. Der scheibenartige Zwischenboden *C* erreicht diesen Zustand erst später, da seine Temperatur bei der Abkühlung zeitlich hinter der von *A* nacheilt. Im erkalteten Zustand wird der Zwischenboden *C* unter Zug-, der Zylindermantel *A* unter Druckspannung stehen.

Bei Körpern, die sowohl einen Zwischenboden nach Bild 2 als auch Schirme nach Bild 1 besitzen, kann der Zylindermantel in der Höhe des Zwischenbodens eine Druckvorspannung und in der Höhe des Schirmes eine Zugvorspannung aufweisen, wodurch die Festigkeit des Gesamtkörpers eine Einbuße erleidet. Durch entsprechende Konstruktion ist das Zustandekommen verschiedenartig gerichteter Vorspannungen im Schaft mittels geeigneter Formgebung zu vermeiden. Bei Porzellanisolatoren, die zusammen mit ihren Brennmitteln annähernd die gesamte Höhe des Brennofens einnehmen, können durch die Temperaturunterschiede zwischen Ofensohle und Ofengewölbe gefährliche Vorspannungen hervorgerufen werden. Der Hersteller muß dann besondere Maßnahmen zur verzögerten Abkühlung des Porzellanofens treffen. Vor allem muß aber das Brenngut im Ofen in der kritischen Temperaturzone der Verfestigung des Scherbens ausreichend langsam abgekühlt werden.

Die Temperatursturz-Prüfung

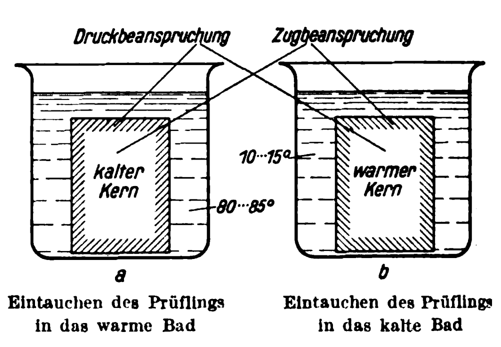
Die Temperatursturz- oder Abschreck-Prüfung soll den zu prüfenden Porzellankörper bereits in der Porzellanfabrik ähnlichen Temperatur-Wechselbeanspruchungen aussetzen, wie sie später im Laufe des Betriebes zu erwarten sind. Wie bei jeder Prüfung wird man sich dabei nicht auf eine Nachahmung der im Betriebe auftretenden Verhältnisse beschränken, sondern gewisse Mehrforderungen an den Scherben stellen, die der Prüfling, ohne zu versagen, aushalten muß. Es muß verlangt werden, daß das Prüfverfahren seinerseits keinerlei Schädigungen gesunder Prüflinge herbeiführt, wohl aber fehlerhafte Stücke deutlich als solche kennzeichnet.

Im Betriebe kommt eine Temperatur-Wechselbeanspruchung unter dem Einfluß der Schwankungen der Temperatur der Atmosphäre beim Wechsel von Tag und Nacht, Sonnenbestrahlung und Schatten oder durch einen plötzlich einsetzenden Regenfall vor. Dazu können die langsameren Temperaturänderungen der Fassungen des Porzellankörpers bei wechselnder Strombelastung des zugehörigen Gerätes treten. Im allgemeinen wird man im Sommer bei Sonnenbestrahlung mit Temperaturen der Porzellanoberfläche von etwa 60 bis 70 ° rechnen können, während ein plötzlich niedergehender heftiger Regen eine Temperatur von etwa 10 ° haben kann. In den Tropen liegen beide Temperaturgrenzen höher, der Temperaturunterschied bleibt praktisch der gleiche.

Nach den Leitsätzen des Verbandes Deutscher Elektrotechniker für die Prüfung von Isolatoren aus keramischen Werkstoffen für Spannungen von 1000 V an (1929) soll die Prüfung auf Empfindlichkeit gegen Wärmeschwankungen laut § 8 durch je dreimalig wechselndes Eintauchen in warmes Wasser von 80 bis 85 ° und kaltes Wasser von 10 bis 15 ° vorgenommen werden, so daß ein Temperatursprung von 70 ° innegehalten wird. Die Eintauchdauer ist auf 15 min festgesetzt. In dieser Zeit ist bei Körpern bis zu rd. 20 mm Wandstärke mit einem ausreichenden Temperaturausgleich zwischen Scherbenoberfläche und Kern des Scherbens zu rechnen. Körper mit erheblich größerer Wandstärke erfordern eine größere Eintauchdauer, um eine gleich hohe Temperatur an allen Stellen des Scherbens zu gewährleisten. Hierfür gibt der Aufsatz von W. Weber und M. Pfeifer[1]) einen Anhalt.

[1]) W. Weber u. M. Pfeifer, Bedeutung der Glasurfarbe von Freiluftisolatoren für die Überschlagsgefahr, ETZ 61 (1940) S. 561.

Die mechanischen Spannungen, die bei der Temperatursturz-Prüfung in einem Prüfkörper von zylindrischer Gestalt auftreten, werden an Bild 3 a und 3 b erläutert. Kurze Zeit nach dem Eintauchen des kalten Körpers in das warme Wasserbad (Bild 3 a) erwärmt sich zunächst seine äußerste Oberflächenschicht und versucht sich auszudehnen; sie wird aber hieran durch den noch kalten, starr mit ihr zusammengewachsenen Kern gehindert. In den warmen Oberflächenschichten treten Druckbeanspruchungen, im kalten Kern Zugspannungen auf. Diese Art der Beanspruchung gleicht dem Spannungszustand, der in einer Sekuritglasscheibe durch eine besondere Behandlung für die Dauer hergestellt ist; sie wirkt auf keramische Baustoffe mit niedriger Zerreiß-, aber hoher Druckfestigkeit im Sinne einer Verfestigung. Beim Eintauchen in das warme Wasser kann also keine Beschädigung des Körpers eintreten. Mit zunehmender Verweildauer klingen die Spannungszustände in dem Maße, wie sich der Körper durchwärmt, ab. Der Körper ist bei dieser Prüfung gewissermaßen in sich selbst eingespannt, und Störungen, die durch Einspannen oder Einkitten in eine besondere Fassung entstehen könnten, sind ausgeschaltet.



Eintauchen des Prüflings in das warme Bad — Eintauchen des Prüflings in das kalte Bad

Bild 3. Veranschaulichung der Temperatursturz-Prüfung.

Beim Eintauchen des auf 80 bis 85 ° durchwärmten Körpers in das kalte Wasser von 10 bis 15 ° (Bild 3 b) tritt umgekehrt ein Zusammenziehen der Außenhaut ein, dem der noch warme Kern entgegenwirkt. Die Zugbeanspruchung in der Außenschicht erreicht kurz nach dem Eintauchen ihren Höchstwert, um dann allmählich abzusinken, während die Druckbeanspruchung im Kern anfangs langsam steigt. Da Porzellan auf Druck rd. 5000 kg/cm², auf Zug aber nur 300 bis 400 kg/cm² bei homogen über den Querschnitt verteilter Beanspruchung aushält, so muß das Zerreißen der äußersten gezogenen Faser beim Überschreiten des Grenzwertes ihrer Festigkeit kurz nach dem Eintauchen des warmen Körpers in das kalte Bad auftreten. Praktisch ist die Festigkeit eines keramischen Körpers allein durch seine Zugfestigkeit gegeben. Wird diese an irgendeiner Stelle seiner Oberfläche überschritten, so geht die Zerstörung des Körpers von dieser Stelle aus[2]). Rohrförmige Körper erfahren bei der Temperatursturz-Prüfung in der Nähe ihrer Stirnseiten erhöhte mechanische Beanspruchungen, die auf die zusätzliche Wärmeabgabe von der Stirnseite her zurückzuführen sind.

Körper, die durch unzulässig schnelles Abkühlen beim Brennvorgang mit mechanischen Vorspannungen behaftet sind, müßten nach den obigen Überlegungen beim Tauchvorgang vom warmen in das kalte Wasser zerspringen. Es entsteht nun die Frage, ob sich diese Zerstörung stets so einwandfrei für das Auge oder durch Anklopfen bei der Klangprobe für das Ohr wahrnehmbar gestaltet, daß ein zweifelhafter Körper bestimmt von der Weiterverwendung ausgeschlossen werden kann. Der folgende Aufsatz von H. Barthelt[3]) nimmt hierzu mit Versuchsergebnissen an einer größeren Zahl von Porzellankörpern grundsätzlich und kritisch Stellung.

[2]) D. H. Rowland, Porcelain for High Voltage Insulators, (F. W. Preston), Electr. Engng. 55 (1936) S. 618.
[3]) H. Barthelt, Das Verhalten von großen Porzellanisolatoren bei schroffen Temperaturwechseln. Dieses Heft, S. 68.

Einfluß der Oberflächenglasur

Die Glasur hat den Zweck, dem Körper eine glatte Oberfläche zu geben, die das Anhaften von Schmutz weniger begünstigt als eine rauhe unglasierte Porzellanoberfläche. Der Glasfluß erfüllt bei der Brenntemperatur die kleinen Vertiefungen und Rauhigkeiten der Porzellanoberfläche und wirkt durch Aufheben der Kerbwirkung an diesen Stellen verfestigend auf den Scherben[4]).

Einen bemerkenswerten Einfluß übt der Ausdehnungskoeffizient der nur Bruchteile eines Millimeters starken Obenflächenglasur auf die Festigkeit des Scherbens aus. Ist der Wärmeausdehnungskoeffizient der Glasur kleiner als der des Scherbens, so gerät sie beim Erkalten des Körpers nach dem Brennvorgang unter Druckspannung und macht den Körper weniger empfindlich gegen Verletzungen seiner Oberfläche. Es herrscht auf die Dauer im Scherben ein Zustand wie beim ersten Augenblick nach dem Eintauchen des Körpers in das warme Wasser. Eine solche Glasur verleiht dem Körper eine höhere Festigkeit, da bei Beanspruchung des Körpers auf Zug zunächst erst die Druckspannung in der Glasur aufgehoben werden muß, ehe ihre Zugfestigkeit erreicht wird. Ebenso verhält sich ein Körper mit solcher Glasur günstiger bei der Temperatursturz-Prüfung als ein solcher mit einem größeren Ausdehnungskoeffizienten der Glasur als dem des Scherbens selbst. Die letztgenannte Glasur wirkt schon durch die Kerbwirkung der vorzeitig eintretenden Sprünge und Risse der im unbelasteten Zustande des Körpers mit Zugspannung behafteten Glasur festigkeitsmindernd. Eine Glasur mit dieser Eigenschaft macht den Körper auch empfindlich gegen Wärmeschwankungen.

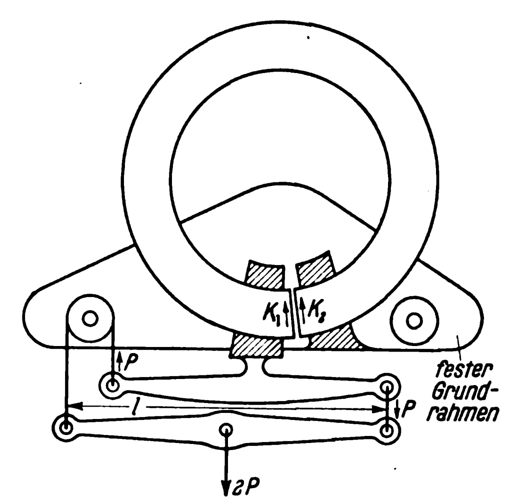
Neues Verfahren zur Ermittlung der Vorspannung im Scherben

Die Temperatursturz-Prüfung gibt die Möglichkeit, die Außenschichten des Scherbens ohne künstliche Einspannung Zugbeanspruchungen zu unterwerfen, deren örtlicher Verlauf von der Formgebung des Körpers und den physikalischen Eigenschaften des Scherbens und seiner Glasur abhängt, aber größenmäßig nur angenähert geschätzt werden kann. Das bisher angewandte Verfahren hatte deshalb einen rein empirischen Charakter. Im folgenden wird ein an sich bekanntes Verfahren benutzt, das die Größe der Vorspannung im Scherben, allerdings nur unter teilweiser Zerstörung des Körpers, festzustellen gestattet.

Aus einem rohrartigen Körper wird eine ringförmige Scheibe von einigen Zentimetern Dicke herausgeschnitten, diese künstlich gesprengt oder aufgeschnitten, nachdem vorher auf der Oberfläche zwei feine Kennmarken K_1 und K_2 eingeritzt wurden, deren gegenseitiger Abstand mit einem Mikroskop bestimmt wurde. Tritt nach dem Auftrennen ein Zusammenklemmen der beiden Schnittflächen des Ringes ein, so ist die Faser an der Innenoberfläche auf Zug, die auf der äußeren Oberfläche auf Druck vorbeansprucht. Klafft der Ring dagegen nach dem Aufschneiden auf, so herrscht in der äußeren Faser eine Zugbeanspruchung. Bei sachgemäßer Brandführung wird die Vorspannung nur geringe Werte erreichen.

Bild 4 stellt die Versuchsanordnung für die Messung dar. Beide Ringenden sind mit aufgekitteten oder aufgeklemmten Armaturen mit daran angebrachten Hebeln versehen, durch die auf den Ring zwei gleich große, in entgegengesetzter Richtung wirkende Drehmomente $Md = Pl$ ausgeübt werden können. Vergrößert man die Kräfte P so weit, bis die Kennmarken K_1 und K_2 wieder ihren ursprünglichen Abstand aufweisen, so ist das Drehmoment Pl gleich dem vorher in jedem radialen Ringquerschnitt wirksamen Moment. Die Verteilung der auf den Ringquerschnitt wirkenden Beanspruchungen ist allerdings nicht ohne weiteres zu erfassen, da infolge der verschiedenen Temperaturausdehnungskoeffizienten des Scherbens und der Oberflächenglasur die Kräfte ungleichmäßig verteilt sind.

Sinngemäß können Vorspannungen in den zur Rotationsachse des Körpers parallel verlaufenden Sektorstreifen des Zylindermantels nach dem gleichen Nullverfahren durch Auswiegen bestimmt werden, wobei der herausgeschnittene Stab zwischen zwei festen Auflagen abgestützt und in der Mitte so weit belastet wird, bis die ursprünglich an dem unzerschnittenen Prüfkörper gemessene Pfeilhöhe wieder erreicht wird. Diese Bestimmung der Vorspannung eines Musters in zwei Achsrichtungen gestattet eine ausreichend zuverlässige Überwachung der Brandführung, besonders wenn das Muster nicht der Mitte, sondern dem äußeren Umfang des Ofens



K_1, K_2 Meßmarken auf dem Porzellanring P Kraft $l/2$ wirksamer Hebelarm

Bild 4. Versuchsanordnung zum Ermitteln der in einem Porzellanring vorhandenen mechanischen Vorspannungen.

entnommen wird. Dieses Verfahren erscheint geeignet, die bisherige Temperatursturz-Prüfung an Großporzellanen zu ersetzen, da es zahlenmäßige Aufschlüsse über die Eigenschaften des Scherbens liefert. Hierüber soll von berufener Seite an anderer Stelle näheres berichtet werden.

Zusammenfassung

Die beim Abkühlen nach dem Brande im Porzellanofen zuerst erstarrenden Teile des Scherbens nehmen Druckspannungen und die später erstarrenden Teile Zugspannungen an. Bei zu schnellem Erkalten treten starke innere Spannungen auf, die bei zusätzlichen thermischen oder mechanischen Beanspruchungen die Zerstörung des Körpers zur Folge haben können. Von maßgebendem Einfluß ist der konstruktive Aufbau des Körpers. Bei der Temperatursturz-Prüfung tritt beim Eintauchen des Prüflings in das heiße Wasserbad in der Außenschicht eine Druckspannung auf, die gefahrlos ausgehalten wird. Beim Eintauchen in das kalte Bad erfährt die Außenschicht eine Zugbeanspruchung und die innere Schicht des Scherbens eine Druckspannung, wobei sich die Zug- und Druckkräfte im gegenseitigen Gleichgewicht befinden. Glasur mit kleinerem Ausdehnungskoeffizienten als der des Scherbens kann hierbei verfestigend, solche mit größerem festigkeitsmindernd wirken. Die Beanspruchungen des Scherbens bei der Temperatursturz-Prüfung sind größenmäßig schwer zu erfassen, die Prüfung ist rein empirisch. Es wird vorgeschlagen, aus dem Prüfkörper herausgeschnittene Teile durch von außen einwirkende Kräfte in ihre ursprüngliche Form zurückzuführen und damit die Größe der inneren Vorspannungen nach einem Nullverfahren angenähert zu erfassen.

[4]) S. Rowland, wie Fußnote 2.

Das Verhalten von großen Porzellanisolatoren bei schroffen Temperaturwechseln

Von Hans Barthelt, Berlin

DK 621.315.62 : 536.49.001.4

Übersicht. Versuche haben ergeben, daß größere Porzellanisolatoren bei der Abschreckprüfung gemäß VDE 0446 bereits bei 70 ° C Temperatursprung Anrisse erhielten, die nicht ohne weiteres feststellbar sind; diese verlaufen vorzugsweise innerhalb der an der Kittstelle vorgesehenen Fischhaut und vielfach in einer senkrecht zur Isolatorachse liegenden Ebene. Die Ergebnisse werden gebracht und die Abschreckprüfung kritisch betrachtet.

Aufgabenstellung

Hochspannungsporzellane wurden, wie in den vorangegangenen Ausführungen von W. Estorff[1]) im einzelnen dargelegt wurde, in einer Typenprüfung scharfen Temperatursprüngen aus zweierlei Gründen ausgesetzt: erstens, um den Nachweis zu erbringen, daß sie den im Betrieb in Freiluftanlagen auftretenden natürlichen Temperaturwechseln zwischen Sonnenbestrahlung und kurz darauf folgendem Regen standhalten; zweitens, um nachzuprüfen, ob die Porzellankörper frei von inneren Spannungen sind, die von einer unsachgemäßen Formgebung und einer unzweckmäßigen Brandführung herrühren können.

Durch den Abschreckvorgang wird bewußt eine zusätzliche Beanspruchung herbeigeführt, die sich zu bereits vorhandenen inneren Spannungen addiert. Sobald die Summe beider Beanspruchungen die Festigkeit des Porzellans überschreitet, geht der betreffende Isolator zu Bruch. Bleibt die Summe unter der Bruchfestigkeitsgrenze, so tritt keine Beschädigung ein. Nicht ohne weiteres zu beantworten ist die Frage: Was geschieht, wenn die Beanspruchung im Scherbengefüge die Porzellanfestigkeitsgrenze nahezu oder gerade eben erreicht? Es wäre denkbar, daß unter diesen Umständen Zerstörungen im Gefüge zustandekommen, die sich wegen ihrer Geringfügigkeit mit den bisher zur Verfügung stehenden Mitteln nicht nachweisen lassen.

Die folgenden Untersuchungen sollten feststellen, ob die Temperatursturz-Prüfung zur Aussonderung nicht einwandfreier Porzellankörper geeignet ist, oder ob die Möglichkeit besteht, daß sie bei gesunden Porzellanisolatoren durch Überbeanspruchung zu inneren Schäden führt, und wie sich eingetretene Schäden bemerkbar machen.

Die Feststellung von Porzellanrissen

Bekanntlich können Risse im Porzellan häufig nur schwierig festgestellt werden. Vor allem ist es notwendig, die glasierte Oberfläche der Porzellankörper sorgfältig zu säubern, bis sie spiegelblank ist; selbst dann sind feine Risse nur bei bestimmtem Lichteinfall erkennbar. In gewissen Fällen ist es möglich, einen Riß durch Überfahren der verdächtigen Stelle mit dem Fingernagel zu erkennen. Dies setzt jedoch eine Verschiebung der Rißkanten an der Oberfläche voraus, die nur auftreten kann, wenn es sich um einen durch die ganze Scherbenstärke hindurchgehenden Riß handelt. Im Verlauf der vorliegenden Untersuchung wurde die Beobachtung gemacht, daß bei Abschreckvorgängen meist Sprünge auftreten, die nicht durch die ganze Scherbenstärke hindurchgehen. Derartige Anrisse verursachen auf der Porzellanoberfläche keine Verschiebung, d. h. sie sind durch Abtasten nicht fühlbar. Unter Berücksichtigung des Gesagten ist es einleuchtend, daß innerhalb der Fischhaut oder auch an unglasierten Stellen, die zum Anbringen von Metallfassungen vorgesehen sind, ein Sprung im allgemeinen wegen der zerklüfteten bzw. rauhen Oberfläche durch Besichtigen und Befühlen nicht festzustellen ist.

Bei der Durchführung von Abschreckprüfungen ging man bisher so vor, daß man nach Eintauchen des zu untersuchenden Porzellankörpers in das Bad durch das Gehör das Auftreten eines Sprunges festzustellen versuchte, wobei man außer von der Zuverlässigkeit des Beobachters in hohem Maße von der Störung durch fremde Geräusche abhängig war. Wurde ein knackendes Geräusch wahrgenommen, so mußte der Isolator nach Sprüngen abgesucht werden. Gelegentlich wurde auch ein solcher Sprung mit Tinte oder Fuchsinlösung eingefärbt, um bei nachträglichem Zerschlagen des Porzellankörpers seinen Verlauf innerhalb des Scherbens verfolgen zu können.

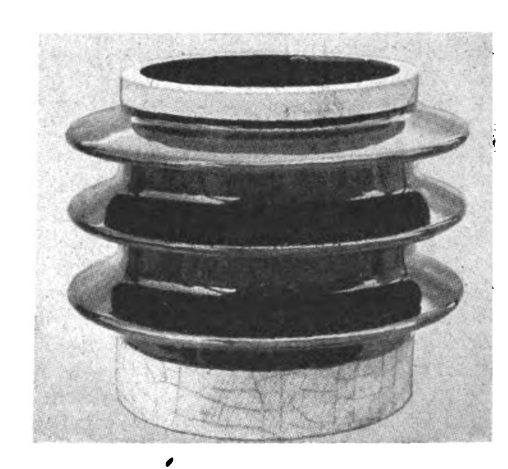


Bild 1. Durch schroffen Temperaturwechsel hervorgerufene Rißbildung an einem Porzellanisolator.

Nachdem durch entsprechende Versuche festgestellt worden war, daß Körper mit Anrissen durch die Klangprüfung nicht zu erkennen sind, und auch das Ultraschallverfahren selbst bei größeren Rissen keine eindeutigen Ergebnisse lieferte, galt es vor allem, ein geeignetes Verfahren durchzubilden, um auch Anrisse dem Auge sichtbar zu machen. Hierbei wurde davon ausgegangen, daß derartige Risse einen kapillaren Charakter haben, d. h. sich so weit öffnen, daß Flüssigkeiten und auch Farbstoff von hinreichend kleiner Teilchengröße in sie eindringen können. Es wurde daher im Laufe der vorliegenden Untersuchungen nach Beendigung eines jeden Abschreckvorganges, mindestens aber nach jedem Abschreckzyklus (dreimaliges abwechselndes Eintauchen), gleichgültig, ob ein Geräusch auftrat oder nicht, der betreffende Probekörper auf seiner ganzen Oberfläche mit Schreibtinte eingerieben und diese nach kurzer Zeit durch Abspülen wieder entfernt. Hiernach traten Risse, die vorher nicht festzustellen waren, als feine dunkle Striche deutlich in Erscheinung; sie hoben sich besonders gut innerhalb der Fischhaut gegenüber der weißen Porzellanfarbe an dieser Stelle ab (s. Bild 1). Es muß jedoch betont werden, daß es natürlich nicht sicher ist, daß sich jeder Riß auf diese Weise sichtbar machen läßt; es ist vielmehr durchaus möglich, daß einzelne Risse so fein sind, daß sie zwar Feuchtigkeit aufnehmen, aber keinen Farbstoff.

1) W. Estorff, Die Temperatursturz-Prüfung von großen Porzellanisolatoren. Dieses Heft, S. 65.

Durchführung der Abschreckversuche

Für die Untersuchung wurden Versuchskörper mit größeren Abmessungen, aber ohne Zwischenboden im Innern gewählt, d. h. also Porzellankörper ohne besondere herstellungstechnische Schwierigkeiten. Die Maße sind aus Bild 2 zu ersehen; es handelt sich dabei also um Isolatoren für 100 kV-Geräte. Die Größe der beim Abschrecken im Porzellanscherben auftretenden Beanspruchungen ist abhängig von der Wandstärke und wächst mit zunehmender Scherbenstärke. Die Versuchskörper, von denen insgesamt 30 Stück zur Verfügung standen, wurden bereits vom Hersteller mit einem Temperatursprung von 70 ° C und darauf außerdem von 85 ° C einer dreimaligen Abschreckprüfung unterworfen; ein Ausfall war hierbei nicht festzustellen. Durch die weiteren, sich hieran anschließenden Untersuchungen sollten vorerst folgende Fragen geklärt werden: Bei welchem Temperatursprung gehen die Porzellankörper zu Bruch? Wie sehen die dabei auftretenden Beschädigungen aus?

Bei den im folgenden beschriebenen Versuchsreihen wurde die Temperatur des warmen Bades jeweils um 10 bis 20 ° C heraufgesetzt. Da der Siedepunkt die Verwendbarkeit des Wassers auf 100 ° beschränkt, wurde Glyzerin als Badflüssigkeit gewählt, das in einem Eisengefäß durch eine außen aufgebrachte Widerstandswicklung angeheizt wurde. Das kalte Bad wurde aus dem Wasserleitungsnetz gespeist und hatte eine annähernd gleichbleibende Temperatur von 15 ° C. Die Überwachung der einzelnen Abschreckvorvorgänge geschah mit besonderer Sorgfalt. Der Aufstellungsort der Abschreckeinrichtung war so gewählt, daß eine Beeinträchtigung des Beobachters durch störende Fremdgeräusche so gut wie ausgeschlossen war. Die beim Auftreten einer Beschädigung im Porzellan feststellbaren Geräusche bestanden in den meisten Fällen in einem hellen Knacken, das mit einem leisen, mahlenden Knirschen abwechselte. Das Knirschen ist dem Geräusch ähnlich, das auftritt, wenn man einen Porzellankörper über einen Zementfußboden schiebt. Gelegentlich ist auch nur dieses Knirschen allein aufgetreten, und es ist sogar vorgekommen, daß ein Sprung festgestellt wurde, ohne daß überhaupt irgendein entsprechendes Geräusch wahrgenommen werden konnte.

Allgemein werden bei Abschreckprüfungen sowie in den seltenen Fällen, bei denen Sprünge an Porzellanisolatoren im Betrieb auftraten, nur solche Risse beobachtet, die im wesentlichen in Richtung der Achse der Isolatoren verlaufen. Bei den hier beschriebenen Abschreckversuchen sind dagegen überwiegend Risse in einer senkrecht oder annähernd senkrecht zur Isolatorachse liegenden Ebene beobachtet worden, eine Feststellung, auf die später noch eingegangen wird.

Ergebnisse der Abschreckversuche

Die Ergebnisse der durchgeführten Abschreckversuche an den Probekörpern nach Bild 2 sind in den Tafeln 1 und 2 zusammengestellt. Aus Tafel 1 ergibt sich, daß bei dreimaligem Tauchen und einem Temperatursprung von etwa 110 ° C durch Auftreten von Rissen ein Ausfall von 40 % und bei einem Temperatursprung von etwa 120 ° C ein Ausfall von 90 % entstand. Wie aus Tafel 2 hervorgeht, sind außerdem fünf Probekörper mit einem Temperatursprung von etwa 85 ° C abgeschreckt worden, jedoch wurde hierbei die Zahl der einzelnen Tauchvorgänge über die vom VDE getroffene Festlegung hinaus von 3 auf 50 erhöht. Dieser Versuch sollte die Frage klären, ob bereits bei einem einzigen Tauchvorgang Risse auftreten, deren Ausmaß jedoch so geringfügig ist, daß sie auch durch Anfärben noch nicht feststellbar sind. Hierbei wurde angenommen, daß gegebenenfalls beim ersten Tauchen aufgetretene Anrisse durch vielfache Anwendung der gleichen Beanspruchung sich nach und nach vergrößern, bis sie durch immer wiederholtes Anfärben schließlich für das Auge sichtbar werden.

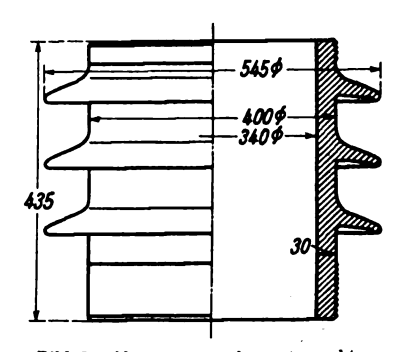


Bild 2. Abmessungen der untersuchten Porzellanisolatoren.

Tafel 1. Abschreckversuche an Porzellankörpern nach Bild 2.

Sämtliche in den Tafeln 1 und 2 aufgeführten Porzellankörper sind vom Hersteller in der üblichen Weise
1. mit einem Temperatursprung von rund 70° C
2. mit einem Temperatursprung von rund 85° C
abgeschreckt worden, ohne daß ein Ausfall festgestellt wurde.

Nr. des Prüflings	Temperatursprung °C	3. Abschreckprüfung		Temperatursprung °C	4. Abschreckprüfung	
		Zahl der Tauchvorgänge	Beobachtung und Ergebnis		Zahl der Tauchvorgänge	Beobachtung und Ergebnis
1	105,0 108,5 106,5	3 ×	keine Beschädigung feststellbar	121,0	1 ×	Knackgeräusche und gesprungen
2	107,0	1 ×	Knackgeräusche und gesprungen	—	—	—
3	108,5 107,0 105,5	3 ×	knirschen, keine Beschädigung feststellbar	—	—	—
4	110,5 106,5 100,0	3 ×	keine Beschädigung feststellbar	118,0 117,0 119,5	3 ×	keine Beschädigung feststellbar
5	108,0 100,0 104,0	3 ×	„	120,5	1 ×	Knackgeräusche und gesprungen
6	110,0 109,5 107,5	3 ×	„	120,0	1 ×	„
7	110,5 108,0 109,5	3 ×	„	120,5	1 ×	„
8	111,5 110,5 114,0	3 ×	„	121,0	1 ×	„
9	109,5 110,0	2 ×	leichtes Knirschen, gesprungen	—	—	—
10	113,0	1 ×	Knackgeräusche und gesprungen	—	—	—

Tafel 2. Abschreckversuche an Porzellankörpern nach Bild 2.

Nr. des Prüflings	Temperatursprung °C	3. Abschreckprüfung	
		Zahl der Tauchvorgänge	Beobachtung und Ergebnis
12	86,0	50 x	keine Beschädigung feststellbar
14	85,0	50 x	„
15	85,5	50 x	„
16	86,5	44 x	nach 10 min im warmen Bad Knackgeräusche, gesprungen
17	86,5	7 x	gesprungen ohne wahrnehmbares Geräusch

Bei diesen mit 85 ° Temperatursprung durchgeführten Versuchen hat sich herausgestellt, daß in einem Fall nach 7, im anderen Fall nach 44 Tauchvorgängen Sprünge

auftraten. Es ist schlecht vorstellbar, daß die Porzellankörper bis zu dem Augenblick, in dem der Sprung wahrgenommen wurde, völlig einwandfrei waren. Vielmehr ist wohl anzunehmen, daß der Vorgang ähnlich verläuft wie beim Zerschlagen eines Betonklotzes mit einem Vorschlaghammer. Der Klotz berstet erfahrungsgemäß erst nach einer gewissen Zahl von Schlägen auseinander, wobei der schließliche Zerfall durch die Summierung der einzelnen Schlagwirkungen herbeigeführt wird und nicht etwa plötzlich bei dem zuletzt geführten Schlage eintritt. Die Tatsache, daß Porzellankörper erst nach einer größeren Zahl von Abschreckvorgängen wahrnehmbar zu Bruch gehen, kann wohl nur dahin gedeutet werden, daß bereits zu Beginn Beschädigungen eingetreten sind, die sich bei den nachfolgenden Tauchvorgängen allmählich erweitert haben. Bemerkenswert ist in diesem Zusammenhang noch, daß entsprechend den Beobachtungen und Ergebnissen in den Tafeln 1 und 2 bei den Abschreckversuchen sowohl Sprünge ohne wahrnehmbares Geräusch als auch Geräusche auftraten, ohne daß nachher mit den zur Verfügung stehenden Mitteln Risse gefunden wurden.

Die Ausbildung der Risse bei der Abschreckprüfung

Die bei der Abschreckprüfung aufgetretenen Risse sind innerhalb der Fischhaut besonders zahlreich und verlaufen überwiegend in einer senkrecht zur Isolatorachse liegenden Ebene (vgl. Bild 1 und 3). Auf diesen Bildern heben sich allerdings nur die Sprünge auf dem weißen Grund der nicht glasierten Fischhaut als dunkle Linien ab, während sie innerhalb der glasierten Fläche nicht mehr erkennbar sind. An den Probekörpern selbst lassen sie sich jedoch auch auf den glasierten Stellen gut verfolgen. Innerhalb der glasierten Porzellanflächen sind sie nicht nur seltener, sie verlaufen auch fast ausnahmlos in Richtung der Achse. Hierin ist wohl auch der Grund zu suchen, daß bisher bei Temperatureinflüssen im allgemeinen nur axial verlaufende Längsrisse bekannt waren, weil eben Risse auf nicht glasierten Flächen meist verborgen bleiben, sofern man sie nicht anfärbt. Die Risse sind um so zahlreicher, je größer der Temperatursprung ist. Daß die Rißbildung in der Fischhaut bzw. an nicht glasierten Stellen stärker ist als an glasierten Flächen, ist auf den Einfluß der Glasur zurückzuführen. Eine geeignet gewählte Glasur sitzt unter Druckspannung auf dem Scherben. Ihre Zusammensetzung wird so gewählt, daß ihr Wärmeausdehnungskoeffizient etwas kleiner ist als der des Porzellanscherbens. Anderseits kommt, wie von W. Estorff[2]) in den vorhergehenden Ausführungen dargelegt wurde, die Außenschicht eines Porzellankörpers beim Eintauchen in das kalte Bad unter Zugspannung. Diese Zugspannungen müssen also zunächst die der Glasur innewohnenden Druckspannungen ausgleichen, ehe sie als Zugbeanspruchung wirksam werden können, während sie an glasurfreien Stellen mit ihrem vollen Wert zur Auswirkung kommen. Infolgedessen ist ein glasurfreier Teil unter sonst gleichen Verhältnissen stärker gefährdet als ein glasierter Teil. Hinzu kommt vermutlich noch eine gewisse, durch die Fischhaut verursachte Kerbwirkung, und es kann auch die bereits beim Aufwalzen der Fischhaut herbeigeführte Beeinträchtigung des Scherbengefüges eine Rolle spielen.

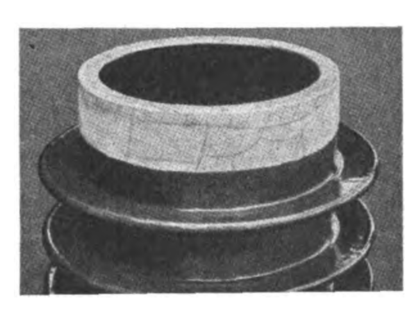


Bild 3. Vorzugsweise senkrecht zur Isolatorachse verlaufende Risse auf der Fischhaut.

[2]) Siehe Fußnote 1.

Zwischen den glasierten und unglasierten Teilen der untersuchten Probekörper zeigte sich noch ein weiterer Unterschied. Innerhalb der glasierten Oberfläche gehen die vorhandenen, in Richtung der Isolatorachse liegenden Risse häufig durch die ganze Porzellanwandstärke hindurch. Soweit es sich dagegen nur um Anrisse, d. h. also um nicht durch die ganze Scherbenstärke hindurchgehende Risse handelt, beginnen sie etwa zu gleichen Teilen sowohl auf der Außen- als auch auf der Innenoberfläche. Innerhalb der Fischhaut sind dagegen nur auf der Außenoberfläche Anrisse zu beobachten, wenn man von den Längsrissen in den glasierten Teilen absieht, die sich bis in die Fischhaut hinein fortsetzen. Dies ist nach dem Obengesagten auch erklärlich, da die gesamte Innenoberfläche der Körper mit Glasur bedeckt ist, und diese die geschilderte verfestigende Wirkung ausübt.

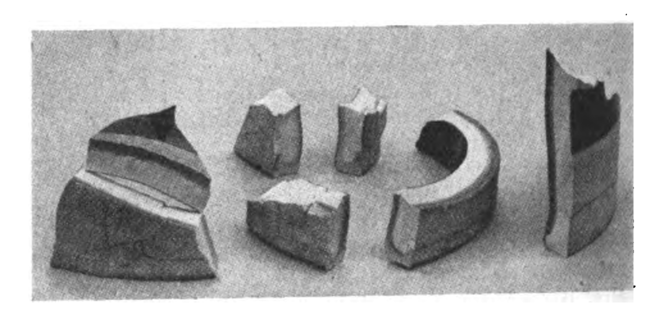


Bild 4. Bruchstücke abgeschreckter Porzellankörper. Die Anfärbung der Bruchflächen durch eingedrungene Tinte ist deutlich erkennbar.

Bild 4 zeigt Bruchstücke von abgeschreckten Porzellankörpern; die Bruchflächen sind durch die eingedrungene Tinte so weit dunkel gefärbt, wie die Risse in den Scherben hineingehen. Hinzuweisen ist hier noch auf die Tatsache, daß die Einrisse auf großen Teilen des Umfanges in ein- und derselben Ebene liegen.

Faßt man das über die Rißbildung Gesagte nochmals kurz zusammen, so ergeben sich zweierlei Feststellungen, die sich zwanglos erklären lassen:

Innerhalb der Fischhaut sind die Risse häufiger als im übrigen, glasierten Teil der Porzellankörper;

innerhalb der Fischhaut verlaufen die Einrisse von außen nach innen.

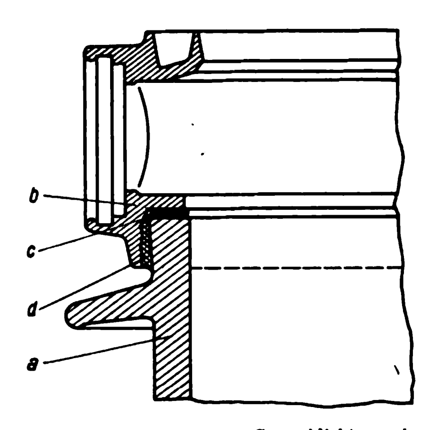
Diese beiden Beobachtungen sind für die nachfolgenden Betrachtungen wichtig. Es ist einleuchtend, daß mit kleiner werdendem Temperatursprung die Risse nicht nur seltener, sondern auch schwächer werden, da die zur Auswirkung kommenden Kräfte zurückgehen; ihre Feststellung wird daher schwieriger. Fiel schon bei einem Temperatursprung von 85 ° — allerdings von einer verhältnismäßig kleinen Anzahl von 5 Stück — kein Porzellankörper mehr nach dreimaligem Tauchen, sondern erst nach einer größeren Zahl von Abschreckvorgängen sichtbar aus, so ist zu erwarten, daß bei kleineren Temperatursprüngen die eingetretenen Gefügeschäden nach einem dreimaligen Abschrecken nicht mehr herauszufinden sein werden. Röntgenstrahlen wären zwar geeignet, auch sehr feine Risse im Porzellan kenntlich zu machen; ihre Auffindung damit ist aber, abgesehen von dem großen Aufwand, der hierfür erforderlich wäre, sehr erschwert, weil stets nur über ein örtlich sehr begrenztes Oberflächenstück eine Aussage möglich ist. Vorhandene Zerstörungen im Porzellangefüge, die so klein sind, daß sie der Feststellung entgehen, können sich jedoch bei der mechanischen Prüfung der Geräte und bei den im Betrieb auftretenden mechanischen Beanspruchungen so erweitern, daß sie schließlich zum Bruch führen.

Durch Anrisse hervorgerufene vorzeitige Brüche

Um Klarheit darüber zu schaffen, ob unter den mit 70 ° Temperatursprung nach den VDE-Richtlinien abgeschreckten Porzellanisolatoren bereits Schäden durch die



Abschreckprüfung hervorgerufen werden, wurde jeder an einem solchen Isolator während der Montage, im Prüffeld und im Betrieb aufgetretene Bruch sorgfältig auf seine Ursache und sein Aussehen hin geprüft. Der Nachweis, ob in einem solchen Fall eine durch die Abschreckprüfung hervorgerufene Beschädigung vorlag oder nicht, konnte allerdings nur mittelbar geführt werden. Hierfür war einmal erforderlich, daß rein mechanische Ursachen nicht in Betracht kamen, und zum anderen, daß das Aussehen der Brüche einen Temperatureinfluß gegeben erscheinen ließ.



a Porzellankörper *b* aufgekitteter Metallflansch *c* Gummidichtungsring *d* Kitt

Bild 5. Porzellankörper mit aufgekittetem Metallflansch.

Erleichtert wurde diese Feststellung durch den besonderen Umstand, daß eine Reihe von zunächst unerklärlichen Brüchen an einer Stelle aufgetreten ist, die durch äußere Kräfte praktisch nicht beansprucht war. Es handelt sich hierbei um einen Porzellankörper *a* nach Bild 5, an dessen oberem, mit Fischhaut versehenem Ende ein Metallflansch *b* mit Kitt *d* befestigt war. Auf den Metallflansch wurden keinerlei von außen her wirkende Kräfte ausgeübt; er diente lediglich zum Befestigen eines Flüssigkeitsstandglases. Der Gummidichtungsring *c* war unter Druck eingekittet; die von ihm ausgeübten Reaktionskräfte versuchen gewissermaßen den Metallflansch von dem Porzellankörper abzudrücken. Es stellte sich in einigen Fällen heraus, daß das Porzellan innerhalb der Kittung etwa 1 bis 2 cm vom oberen Rand entfernt gerissen war. Die Beanspruchung, die der zusammengedrückte Gummiring bewirkt — andere Ursachen, wie beispielsweise Treibwirkungen des Kittes usw., scheiden auf Grund von entsprechenden Vorversuchen aus —, kann dem gesunden Porzellan nicht gefährlich werden, da sie, bezogen auf den Porzellanquerschnitt, nur etwa 30 kg/cm² beträgt, während bei technischem Porzellan mit einer Zugfestigkeit von etwa 150 kg/cm² gerechnet werden kann. Wohl aber kann diese Beanspruchung ausreichen, um in einem durch Abschreckvorgänge im Gefüge durch Anrisse beeinträchtigten Porzellankörper einen Riß deutlich wahrnehmbar werden zu lassen. In diesem Fall muß jedoch auch das Aussehen des Bruches sich wesentlich von Bruchflächen unterscheiden, die allein durch gewaltsame Einwirkung zustandekommen. Dies ist, wie der Bruch auf Bild 6 zeigt, tatsächlich der Fall. Dieses Bruchbild weist große, völlig glatte Flächen auf und hat ein unverkennbar anderes Aussehen, als es bei einem sogenannten Gewaltbruch auftritt. Ins Auge fallend ist ferner die Tatsache, daß der Bruch auf einem großen Teil des Isolatorumfanges in einer Ebene senkrecht zur Isolatorachse verläuft, eine Erscheinung, wie sie bei den durch Abschreckvorgänge verursachten Einrissen aufzutreten pflegt.

An dieser Stelle erscheint es angebracht, einige Worte über den Zusammenhang zwischen Bruchursache und Bruchaussehen einzuflechten. Bei Porzellan ist u. W. darüber bisher nichts bekannt geworden, wohl aber liegen entsprechende Untersuchungen bei Glas vor. Ein grundlegender Unterschied im Verhalten wird in dieser Beziehung zwischen Porzellan und Glas wahrscheinlich nicht



Bild 6. Glatte Bruchflächen des Porzellankörpers nach Bild 5.

bestehen; man wird daher ohne gröberen Fehler die bei Glas gemachten Erfahrungen auf Porzellan übertragen können. Smekal[3]) kommt bei Glas zu der in diesem Fall interessierenden Feststellung, „daß im Bereich niedriger Beanspruchungen stets spiegelnd glatte Bruchflächen entstehen, im Gebiet hoher Spannungen dagegen rauhe Bruchflächen und Verzweigungen der Bruchfläche", und ferner, „daß bei großer Kerbwirkung[4]) die entstehende Bruchfläche nahezu völlig glatt wird". Unsere bei Porzellan gemachten Beobachtungen stehen damit durchaus im Einklang. Wir fanden glatte Bruchflächen dort, wo keine nennenswerten mechanischen Beanspruchungen vorgelegen hatten und wo Einrisse, d. h. große Kerbwirkung, entweder nachgewiesen werden konnten oder zumindest sehr wahrscheinlich waren. In Übereinstimmung mit den an Glas gewonnenen Erfahrungen ist außerdem festzustellen, daß bei Zerreiß- oder Biegeversuchen an Porzellanisolatoren oder auch bei unbeabsichtigten Brüchen durch Stoß, d. h. also im Gebiet hoher Beanspruchungen, stets rauhe, unebene Bruchflächen entstehen.

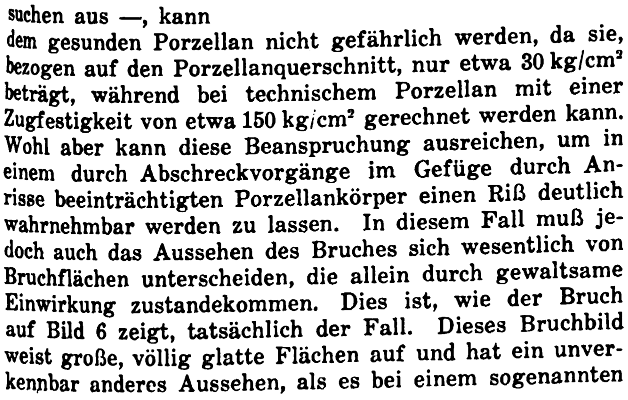


Bild 7. Eingefärbte Bruchstücke mit Einrißstelle.

Es gelang ferner, an einem Porzellanisolator, der mit 70 ° Temperatursprung abgeschreckt und in einem Hochspannungsgerät betriebsmäßig beansprucht worden war, innerhalb der Kittung (Fischhaut) durch Anfärben der Kittstellen bei nachträglichem Zerschlagen das Vor-

3) Smekal, Glastechn. Ber. 15 (1937) S. 259.
4) Anrisse!



handensein von Einrissen im Porzellan nachzuweisen; auch diese Einrisse verliefen dicht am Ende des Isolators und innerhalb einer senkrecht zur Isolatorachse liegenden Ebene (s. Bild 7). Bei einigen anderen, gleichfalls mit 70 ° Temperatursprung abgeschreckten Isolatoren kam es vor, daß sie während der Montage zu Bruch gingen, ohne daß eine äußere Ursache vorgelegen hätte, durch die der Bruch allein hätte erklärt werden können. Bild 8 zeigt



Bild 8. Bruchquerschnitt mit längerem Einriß.

das Bruchbild eines derartigen Porzellankörpers, der am oberen Ende der Fußkittung innerhalb der Fischhaut gebrochen war. Man erkennt an der oberen Hälfte des Bruchquerschnittes einen auf etwa ein Viertel des Umfanges sich erstreckenden und 25 % der Wandstärke ausmachenden Einriß, der wiederum in einer senkrecht zur Isolatorachse liegenden Ebene verläuft. Der Bruch ist an dieser Stelle nahezu völlig glatt.

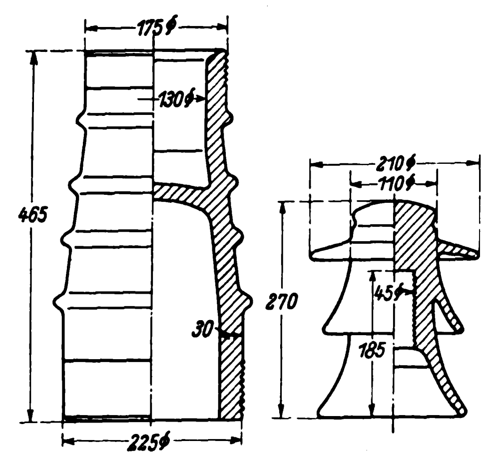


Bild 9. Weitere dickwandige Porzellanisolatoren, mit denen Abschreckversuche durchgeführt wurden.

In den beschriebenen Fällen lag die wahrscheinliche Ursache des Porzellanbruches in den bei der Abschreckprüfung bei 70 ° Temperatursprung eingetretenen Gefügeschäden, die sich zunächst der Feststellung entzogen hatten und erst im Laufe der Zeit durch eine an sich unbedeutende äußere Einwirkung erkennbar wurden. Die auf diese Weise nachträglich feststellbaren Ausfälle betrugen 10 % der insgesamt in die Betrachtung einbezogenen, verhältnismäßig großen Zahl von Porzellanisolatoren, so daß man mit dieser Ausschußziffer bei Abschreckprüfungen mit 70 ° Temperatursprung bei Porzellankörpern der beschriebenen Gestalt und einer Wandstärke von etwa 30 mm rechnen muß.

Die gleichen Abschreckversuche wurden auch noch an Isolatoren anderer Form (Bild 9) durchgeführt, wobei jedoch die Porzellanwandstärke praktisch gleich groß war; sie erbrachten entsprechende Ergebnisse.

Abhängigkeit des Ausfalles bei der Abschreckprüfung vom Temperatursprung

Trägt man die beim Abschrecken erhaltenen Ausfälle in % in Abhängigkeit vom angewendeten Temperatursprung auf, so ergibt sich ein Diagramm gemäß Bild 10. Es ist einleuchtend, daß diese Abhängigkeit nicht durch eine Kurve, sondern durch eine Zone mit einer gewissen Breite dargestellt werden muß. Auf der Seite der kleineren Ausschußzahlen wird diese Zone durch Ausfälle bestimmt, die sich mit Hilfe des beschriebenen Anfärbeverfahrens nach dreimaligem Abschrecken feststellen ließen, auf der Seite der größeren Ausschußzahlen durch Ausfälle, die erst durch besondere Maßnahmen erkennbar wurden, sei es infolge häufigerer Wiederholung des gleichen Abschreckvorganges oder durch die auslösende Wirkung an sich harmloser mechanischer Beanspruchungen. Aus der Darstellung geht hervor, daß für Isolatoren mit einer Porzellanwandstärke von ungefähr 30 mm eine Abschreckprüfung mit etwa 60 ° Temperatursprung schon gefährlich ist, und daß bei einem Temperatursprung von etwa 110 ° im ungünstigsten Fall bereits mit einer Zerstörung sämtlicher Prüflinge gerechnet werden muß. Ausfälle im Betriebe bei Porzellanisolatoren von Schaltgeräten, die auf Schäden durch Abschreckprüfungen zurückgeführt werden können, sind äußerst selten; einmal weil diese Prüfung bei derartigen Isolatoren nicht von allen Herstellern eingeführt ist — die VDE-Leitsätze sehen nur Stichproben an 0,4 % der jeweiligen Liefermenge vor — zum anderen, weil wegen der im allgemeinen verhältnismäßig großen Länge der Kittung die Anrisse, die meist dicht am Stirnende des Isolators auftreten, nicht zur Auswirkung kommen können.

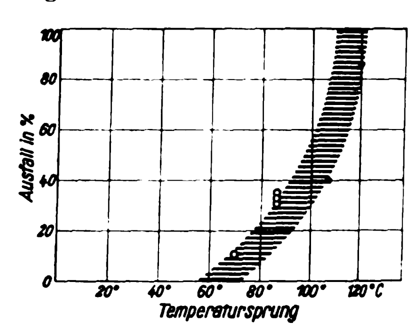


Bild 10. Abhängigkeit des Ausfalles bei der Abschreckprüfung von der Höhe des Temperatursprunges.

Zusammenfassung

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß die Abschreckprüfung zur Feststellung der Verwendbarkeit bzw. des inneren Spannungszustandes von Porzellanisolatoren nicht geeignet ist, weil die Gefahr besteht, daß durch sie Schäden in die Porzellankörper eingepflanzt werden, die nicht ohne weiteres erkannt werden können. Die Temperatursturz-Prüfung ist deshalb zumindest für Porzellankörper mit größeren Abmessungen als Typenprüfung abzulehnen, außer wenn die Prüflinge von der weiteren Verwendung ausgeschlossen werden; als Stückprüfung ist sie auf jeden Fall ungeeignet.

Abgesehen davon erscheint die Abschreckprüfung auch deswegen nicht zweckentsprechend, weil die in der Natur vorkommenden Beanspruchungen durch Auftreffen eines kalten Regens auf einen von der Sonne einseitig erhitzten Porzellankörper weit unter den Beanspruchungen liegen, die die Abschreckprüfung mit sich bringt; der Wärmeentzug durch die einzeln auftreffenden Regentropfen mit ihrer geringen Masse ist erheblich weniger schroff als das Eintauchen des Körpers in ein Wasserbad. Um dies zu bestätigen, wurden mehrere Porzellankörper nach Bild 1 durch Strahlöfen einseitig bis auf eine Temperatur der Porzellanoberfläche von 100 ° vorgewärmt und dann mit einem Regen von 3 mm/min und einer Temperatur von 15 ° C unter einem Einfallwinkel von etwa 45 ° besprengt. Dieser Versuch wurde je 50mal wiederholt. Hiernach waren mit den sonst angewendeten Mitteln keinerlei Schäden an den Porzellankörpern nachzuweisen.

Zur Prüfung des Verhaltens von Isolierlacken (Drahtlacken) mit der Erichsen-Maschine

(Mitteilungen aus dem Institut für Kunststoffe und Anstrichforschung, Vierjahresplan-Institut an der Technischen Hochschule Berlin
Leiter: Prof. Dr.-Ing. W. Röhrs)

Von Herbert Niesen, Berlin

DK 621.315.617.4.001.4 : 620.164

Übersicht. Untersucht werden Isolierlacke auf verschiedenen Blechsorten und ihr Verhalten bei Verformung unter dauernder Benetzung durch einen Elektrolyten. Die Arbeit gibt einen Einblick in die Zusammenhänge zwischen Einbrennzeit und Einbrenntemperatur.

Die Prüfung von Drahtisolierlacken, für die soeben die Vorschrift VDE 0360 als Entwurf[1]) neu erschienen ist, gehört bekanntlich zu den schwierigsten Kapiteln der Lackprüfung, da es bisher zur Untersuchung der Änderung der elastischen Eigenschaften der Lacküberzüge bei Verformung noch kein brauchbares Verfahren gibt. Grundsätzlich ist es notwendig, die Prüfung von Drahtlacken auf dem Draht selbst vorzunehmen. Wenn wir nun trotzdem unser neues Meßverfahren[2]) statt des visuellen Verfahrens zur Untersuchung von Drahtlacken auf Blech anwenden, so geschieht dies deshalb, weil sich immerhin eine Anzahl von recht beachtlichen Feststellungen machen läßt.

a Eisen 0,5 mm
b Eisen 1 mm
c Kupfer 1 mm
d Aluminium 1 mm
Isolierlack 1 mal getaucht
180° C, 45 min.

Bild 1. Einfluß der Metall-Unterlage auf das Verhalten des Isolierlacks bei Verformung.

Die bisherigen Prüfverfahren ergaben im wesentlichen folgendes. Wie unter anderem Raskop[3]) betont hat, liefert die Prüfung von Isolierlacken auf Lagerbeständigkeit gemäß DIN 6450 für Lacke auf Kunstharzbasis ein falsches Bild. Die vorgesehene Alterung von 3 h bei 120 ° wird zwangläufig bei härtbaren Kunstharzlacken zu einer weitgehenden Versprödung des Anstrichfilmes führen müssen. Die Geschmeidigkeit steht in direktem Zusammenhang mit dem Weichmachergehalt. Die richtige Härte des eingebrannten Lackfilmes wird durch die Nagelkratzprobe festgestellt. Ferner wird eine Dehnungsprobe um 25 % vorgenommen. Das DIN-Blatt 6450 legt für die Elastizitäts- und Haftfestigkeitsprobe die Wickelprüfung auf einen bestimmten Drahtdurchmesser zugrunde. Nowak[4]) empfiehlt die Alterung des als Wickellocke auf einen Dorn aufgewickelten Drahtes, also die Alterung des Lackfilmes unter einer gewissen Spannung (s. a.[5])). Nach Nowak haben sich Öllacke besonders günstig verhalten, weil sie infolge des günstigen Siedeverlaufes der Verdünnungsmittel einen schönen glatten Film hinterlassen. Bei Öllacken läßt sich weiter eine hohe Einbrenntemperatur von 300 bis 400 ° C mit Vorteil anwenden, weil dadurch ein besonderer Glühprozeß unnötig wird. Lacke aus härtbaren Kunstharzen haben zwar gute Beständigkeit gegen Lösungsmittel sowie genügend hohes Isoliervermögen, jedoch reicht die Alterungsbeständigkeit, wie bereits betont wurde, nicht aus. Auch macht die Haftung auf Aluminium erhebliche Schwierigkeiten. Kombinationen aus härtbaren und nicht härtbaren Kunstharzen sollen

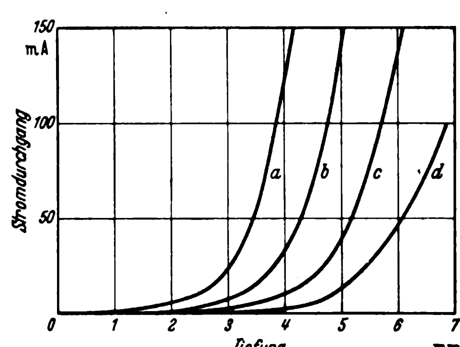


Bild 2. Einfluß der Einbrenntemperatur bei gleichbleibender Einbrennzeit.

sich hier gut bewährt haben. Die Durchschlagfestigkeit ist von der Zahl der Lackschichten abhängig. Nach Franz[6]) soll sie bei einem guten Lack 400 V auf 0,01 mm betragen. Dabei soll die Auftragstärke möglichst gering gehalten werden, damit auf einem gegebenen Wickelraum die größtmögliche Zahl von Amperewindungen untergebracht werden kann.

Das neue Verfahren[7]) gestattet die kontinuierliche Messung des Stromdurchganges durch einen Anstrichfilm während der Verformung. Die Erichsen-Tiefung wird unter dauernder Benetzung durch einen geeigneten Elektrolyten ausgeführt[8]).

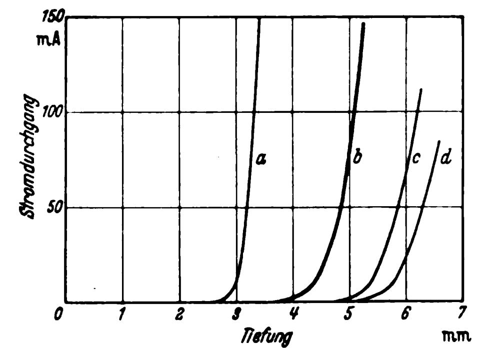


Bild 3. Einfluß der Einbrenntemperatur bei gleichbleibender Einbrennzeit.

Für alle nachstehend geschilderten Versuche wurde ein Isolierlack auf Phenolharz-Grundlage verwendet, der im Tauchverfahren aufgetragen wurde. Die Tauchdauer betrug 70 s auf 7 cm Kantenlänge der Prüfbleche. Der Lack hatte bei 20 ° eine Auslaufzeit (gemessen im Auslaufbecher nach DIN-Entwurf 53 211) von 34 s. Das erzielte Filmgewicht betrug 35 bis 36 g/m² eingebrannte Schicht. In den bisher vorliegenden Versuchen wurden nur

[1]) ETZ 61 (1940) H. 36, S. 832.
[2]) H. Niesen und W. Röhrs, Farben-Ztg. 45 (1940) H. 35, S. 551 und H. 36, S. 569.
[3]) F. Raskop, Isolierlacke, S. 16, M. Krayn, Berlin 1938.
[4]) P. Nowak, Kunststoffe 28 (1938) S. 176.
[5]) H. Burmeister, Chemiker-Ztg. 64 (1940) H. 35/36 S. 171.
[6]) K. Franz, in R. Vieweg, Elektrotechnische Isolierstoffe, S. 249. Jul. Springer, Berlin 1937.
[7]) H. Niesen, Vortrag vor dem Arbeitsausschuß „Prüfverfahren und Prüfgeräte" im Fachausschuß für Anstrichtechnik des VDI und VDCh am 3. 10. 1940 in Berlin.
[8]) Schutzrechte für Verfahren und Vorrichtung sind angemeldet.

Einschichtsysteme untersucht, und zwar auf vier verschiedenen Blechsorten:

a) 0,5 mm Eisenblech c) 1,0 mm Kupferblech
b) 1,0 mm Eisenblech d) 1,0 mm Aluminiumblech

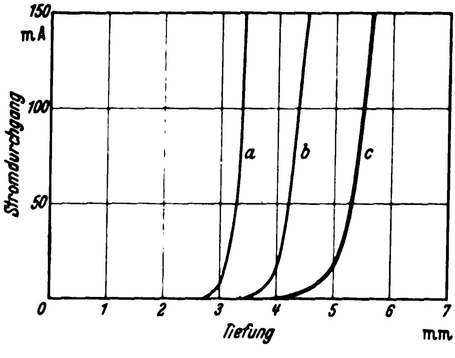
Zwei verschiedene Eisenblechsorten wurden gewählt, um hier gleich die unterschiedlichen Haftverhältnisse untersuchen zu können. Bei dem 0,5 mm starken Blech handelt es sich um ein besonders glattes, kaltgewalztes Erzeugnis, wie es allgemein bei der Untersuchung von Anstrichen für Heeresgeräte verwendet wird, während das 1,0 mm starke Blech ein gewöhnliches, ziemlich rauhes Tiefziehblech ist.

Im ersten Versuch (Bild 1) wurde der Lack auf allen vier Blechsorten 45 min lang bei 180° eingebrannt. Besonders augenfällig ist der Unterschied auf den beiden Eisenblechsorten. Dies liegt größtenteils in der verschiedenen Beschaffenheit der Blechsorten selbst. Die Kurve des 1,0 mm starken Bleches zeigt einen wesentlich flacheren, also günstigeren Verlauf. Der frühere Anfangspunkt der Kurve *b* erklärt sich aus der stärkeren Beanspruchung des Anstrichfilmes auf der dickeren Unterlage. Alle hier gezeigten Lacke sind sehr schlecht, wie aus dem steilen Anstieg der Kurven hervorgeht. Die Rißbildung tritt mit Ausnahme von Fall b plötzlich ein.

Bild 2 zeigt den Verlauf der Stromdurchgangskurven mit steigender Einbrenntemperatur und gleichbleibender Einbrennzeit auf 1,0 mm starkem Eisenblech, Bild 3 auf 0,5 mm starkem Blech. Der flachere Anstieg im ersten Falle zeigt recht deutlich die bessere Haftung auf dem 1,0 mm starken Blech.

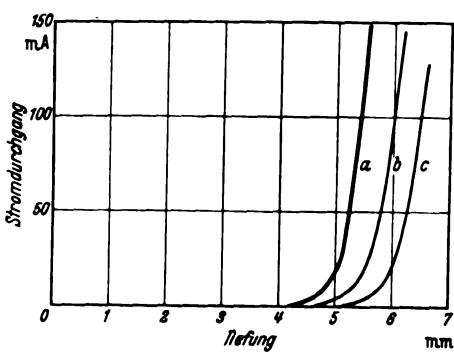
Um den Einfluß von Einbrennzeit und Einbrenntemperatur zu prüfen, wurden zwei neue Versuchsreihen angesetzt. Im einen Falle (Bild 4) wurde die Einbrenntemperatur von 180° gewählt und die Einbrennzeit verändert. Im anderen Falle (Bild 5) wurde bei einer Temperatur von 150° und verschiedenen Zeiten gearbeitet. Wenn man den Verlauf der stark gezeichneten Kurven (Bild 3 b, Bild 4 c, Bild 5 a) betrachtet, so erkennt man, daß der Kurvenzug sowie auch der Anfangspunkt praktisch gleich sind, d. h. aber, daß hier zum erstenmal messend nachgewiesen werden konnte, daß es gleichgültig ist, ob der Lack

bei 180° 15 min,
bei 170° 45 min,
oder bei 150° 135 min



a 180° C, 45 min
b 180° C, 30 min
c 180° C, 15 min
Isolierlack 1 mal getaucht

Bild 4. Einfluß der Einbrennzeit bei gleich hoher Einbrenntemperatur. Eisenblech 0,5 mm.



a 150° C, 135 min
b 150° C, 90 min
c 150° C, 45 min
Isolierlack 1 mal getaucht

Bild 5. Einfluß der Einbrennzeit bei gleich niederer Einbrenntemperatur. Eisenblech 0,5 mm.

eingebrannt wurde. Die mechanischen Eigenschaften der erzielten Filme sind gleich. Es war zwar bisher schon eine Erfahrungssache, daß man bei hoher Temperatur kürzer einbrennen müsse als bei niederer, wenn man gleiche Eigenschaften erzielen wollte, jedoch kannte man bisher zur genauen Festlegung der Arbeitsbedingungen kein messendes Verfahren.

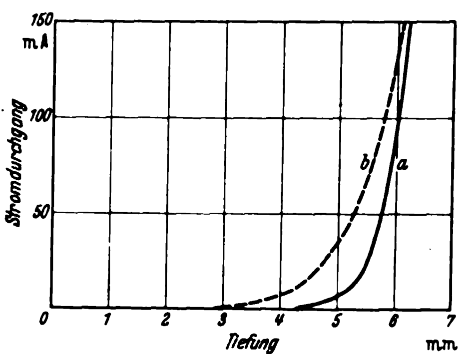


Bild 6. Lack b.
Eisen 1 mm stark, 160°, 45', Tiefung 6 mm.

Noch etwas anderes ist wichtig, um die Überlegenheit des neuen Meßverfahrens gegenüber der alten Methode rein visueller Betrachtung herauszustellen. Die beiden Bleche in Bild 6 und Bild 7 sind auf 6 mm getieft. Im Falle b sieht man selbst mit der Lupe noch keine Beschädigung des Filmes, während im Falle a schon bei Betrachtung mit bloßem Auge starke Risse zu sehen sind. Bei der bisherigen Form der Erichsen-Tiefung würde man also fraglos sagen, daß der Lack b besser sei als der Lack a. Dies ist jedoch nicht der Fall, sondern beide Lacke sind gleich gut bzw. gleich schlecht. Wir werden nur durch die unterschiedlichen Haftverhältnisse auf den beiden Blechsorten getäuscht. Die Unterschiede kommen in den Bildern leider nicht besonders zum Ausdruck. Bild 8 dient der Klärung. Man sieht, daß beide Lacke bei 6 mm Tiefung praktisch den gleichen Stromdurchgang von 150 mA zeigen. Daraus ist zu schließen, daß in beiden Fällen die Größe der freien Metallfläche gleich sein muß, d. h. aber, daß den im einen



Bild 7. Lack a.
Eisen 0,5 mm stark, 150°, 90', Tiefung 6 mm.



a Eisen 0,5 mm, 150° C, 90 min
b Eisen 1 mm, 160° C, 45 min
Isolierlack 1 mal getaucht

Bild 8. Gleiche Durchlässigkeit des Lackes nach der Tiefung bei sonst verschiedenem Verhalten.

Falle deutlich sichtbaren Rissen im anderen Falle eine große Zahl von kleinen Poren gegenüberstehen muß.

Bei vergleichenden Prüfungen hat sich herausgestellt, daß man die beginnende Veränderung bei einem gut haftenden Anstrichfilm mit dem neuen Meßverfahren etwa 2 mm Tiefung früher feststellt als bei der normalen Beobachtung mit dem Auge.

Die vorstehenden Versuche haben gezeigt, daß man das neue Meßverfahren auch zur vergleichenden Prüfung von Isolierlacken benutzen kann, weil es gestattet, die bei Variation der Einbrennbedingungen vorgehenden Filmveränderungen bei Verformung des Filmträgers zu studieren. Auch Poren lassen sich einwandfrei erkennen. Inwieweit das neue Verfahren den Vergleich mit der fertigen Lackierung auf dem Draht selbst zuläßt, muß noch ermittelt werden. Ferner ist das Verhalten von Mehrschichtensystemen, wie sie bei Drahtlackierungen immer vorliegen, noch nicht geprüft. Über die Ergebnisse solcher Untersuchungen soll später berichtet werden.

Zusammenfassung

Das neue Meßverfahren gestattet einwandfreie Rückschlüsse auf die elastischen Eigenschaften von Anstrichfilmen. Insbesondere konnte an dem Beispiel der Isolierlacke gezeigt werden, wie stark der Einfluß von Einbrennzeit und Einbrenntemperatur auf die mechanischen Eigenschaften des Anstrichfilms ist. Die bisherige Erfahrung lehrte, daß man zu gleichen mechanischen Eigenschaften der Filme kommt, wenn man bei niederer Temperatur lange bzw. bei höherer Temperatur kurz einbrennt. Das neue Verfahren gestattet es, diese zu wählenden Einbrenntemperaturen und Einbrennzeiten von vornherein zu bestimmen. Weiter läßt das neue Verfahren auch dann eine einwandfreie Beurteilung des Anstrichfilmes zu, wenn durch verhältnismäßig gute Haftung bei der Verformung nach der bisher benutzten Tiefungsbeobachtung ein günstiger Eindruck nur vorgetäuscht wird. Das alte Verfahren der rein visuellen Beobachtung hat in solchen Fällen oft zu Fehlurteilen geführt.

Regeln für Wechselstrom-Hochspannungsgeräte

Ausschuß für Hochspannungsgeräte

DK 621.3.06.027.3(083.133.3)

VDE 0670 a/XII.40

Änderung der ab 1. 7. 1937 gültigen Fassung[1])

Änderungen gegenüber dem Entwurf aus ETZ 61 (1940) H. 8, S. 167.

§ 1

Geltungsbeginn

Der bisherige Wortlaut in VDE 0670/1937 wird durch den Buchstaben a) gekennzeichnet und durch folgende Fassung ergänzt:

b) Der geänderte Wortlaut von §§ 6, 9, 20, 21, 22, 23, 34, 36, 37, 42, 43, 44 tritt am 1. Januar 1942 in Kraft.

Daneben ist die Herstellung von Geräten nach VDE 0670/1937 zulässig, sofern sie vor dem 1. Januar 1942 begonnen wurde.

Geräte nach VDE 0670/1937, die bis zum 31. Dezember 1942 fertiggestellt worden sind, bleiben weiterhin zulässig, solange dies durch eine VDE-Bestimmung nicht ausdrücklich als unzulässig erklärt ist.

§ 6

Schlagweite

Schlagweite ist der kürzeste in gasförmigem oder flüssigem Isoliermittel zum Beispiel mit einem gespannten Faden (Fadenmaß) gemessene Abstand Spannung führender Teile gegeneinander oder gegen Erde.

Bei mehrteiligen Isolatoren mit metallenen Zwischenflanschen gilt als Schlagweite das Fadenmaß zwischen den beiden Endelektroden, vermindert um die halbe Summe der Längen der Zwischenflansche.

§ 9

Elektrische Größen zur Kennzeichnung der Leistungsfähigkeit eines Schalters

In § 9b) von VDE 0670/1937 wird der dritte Absatz mit der Begriffserklärung des Grenzausschaltstromes sowie Abb. 4 „Ausschaltvermögen von Schaltern, abhängig von der Spannung" gestrichen.

§ 20

Nennspannung, Reihenspannung, Nennstrom, Nennfrequenz

b) Für Hochspannungsgeräte gelten als Reihenspannungen:

1, 3, 6[2]), 10, 20, 30, 45, 60, 110, 150, 220, 400 kV.

A Hochspannungsgeräte sind so auszuwählen, daß die höchste Spannung am Verwendungsort die Reihenspannung der Geräte um nicht mehr als 15% überschreitet[3]).

Schaltgeräte, die für eine bestimmte Reihenspannung gebaut sind, dürfen nicht mit einer Außenisolation einer höheren Reihenspannung gefordert und versehen werden.

A Innenraumanlagen können bei Staub und Feuchtigkeit mit Geräten der nächst höheren Reihenspannung ausgerüstet oder zum Schutz gegen das Eindringen von Staub unter einen geringen Überdruck gesetzt bzw. bei Betriebsspannungen bis etwa 20 kV als gekapselte Anlagen ausgeführt werden.

Bei Freiluftgeräten zur Verwendung in Gegenden mit Verschmutzungsgefahr und gut leitenden Niederschlägen (z. B. in der Nähe von Braunkohlenbetrieben, chemischer Industrie, von Zementfabriken, der Meeresküste u. dgl.) sind die Isolatoren zweckmäßig als Nebelisolatoren[4]) mit vergrößertem Oberflächenweg und besonders ausgebildeten Schirmen auszuführen. In solchen Gegenden kann auch statt der Freiluftanlage die Innenraumanlage gewählt werden.

§ 21

Schaltvermögen von Leistungsschaltern und Leistungstrennschaltern

b) Für das Nennausschaltvermögen gelten folgende genormte Nennausschaltleistungen:

5[5]), 15[5]), 100, 200, 400, 600, 1000, 1500, 2500 MVA.

In Tafel I sind für die einzelnen Schaltertypen die Reihenspannungen, die genormten Nennströme und die genormten Nennausschaltleistungen (bei 50 Per/s) angegeben.

Die für eine Nennfrequenz von 50 Per/s angegebene Nennausschaltleistung gilt nicht für die Verwendung von Schaltern in Netzen mit einer Betriebsfrequenz von $16^2/_3$ Per/s.

Tafel I

Reihenspannungen, genormte Nennströme, genormte Nennausschaltleistungen und zugehörige Spannungsgrenzen

Unter Spalte 5 wird die Klammer bei der Reihenspannung 45 kV fortgelassen.

Unter Spalte 6 werden die Grenzen der Spannung am Verwendungsort geändert in: 50 ··· 70 kV. Die bisherige Fußnote [2]) fällt fort.

Die volle Nennausschaltleistung gilt innerhalb der in Tafel I angegebenen Grenzen der Spannung am Verwendungsort. Bei noch kleineren Spannungen wird die volle Nennausschaltleistung im allgemeinen nicht mehr beherrscht.

Bei Schaltern der Reihenspannung 10 kV mit einer Nennspannung von 6 kV muß die Nennausschaltleistung mindestens das 0,75-fache der genormten Nennausschaltleistung bei der Nennspannung 10 kV betragen.

---

[1]) Genehmigt durch den Vorsitzenden des VDE im Dezember 1940. Veröffentlicht ETZ 61 (1940) S. 179 u. 62 (1941) S. 83.

[2]) Nur für geschlossene und gekapselte Geräte nach DIN VDE 50, Beiblatt 3.

[3]) Für Erweiterung bestehender 35 kV-Anlagen dürfen ausnahmsweise Geräte der Reihenspannung 30 kV eingebaut werden.

[4]) Vgl. VDE 0448 „Leitsätze für die Nebel- und Verschmutzungsprüfung von Freiluft-Hochspannungsisolatoren".

[5]) Nur für Leistungstrennschalter.



c) Ist auf dem Leistungsschild nichts anderes angegeben, so gilt als Nenneinschaltvermögen der $1{,}8\sqrt{2} \approx 2{,}5$-fache symmetrische Nennausschaltstrom.

Für das Einschaltvermögen bei einer innerhalb der Grenzen der Tafel I liegenden Spannung am Verwendungsort gilt das 2,5-fache des zu der betreffenden Spannung gehörigen symmetrischen Ausschaltstromes. Dieser ist aus der vollen Nennausschaltleistung, der Spannung am Verwendungsort und der Verkettungszahl (bei Drehstrom $\sqrt{3}$) zu errechnen.

d) Bisheriger Wortlaut des § 21c) von VDE 0670/1937.

§ 23

Schlagweiten und Trennstrecken

Der 2. Absatz erhält folgende geänderte Fassung:

„Isolatoren parallel zu geöffneten Trennstrecken von Trennlaschen, Trennschaltern, Leistungstrennschaltern in Luft und flüssigen Isoliermitteln sowie von Sicherungshaltern müssen an einer Stelle unter Einhaltung der Schlagweite so geerdet werden können, daß etwaige Ströme über oder durch den Isolator nach Erde abgeleitet werden."

Tafel III

Schlagweiten

Bei der Reihenspannung 45 kV fällt die Klammer fort. Die im Entwurf vorgesehene Fußnote [2]) wird gestrichen, die Nummern der anderen Fußnoten ändern sich entsprechend.

§ 34

Betätigungsvorrichtungen und Meldelampen

Fußnote [6]) wird gestrichen und dafür auf die inzwischen erschienenen Normblätter DIN 43 605 und DIN 43 606 verwiesen.

§ 36

Prüfung mit Wechselspannung

a) Prüfschaltungen und Prüfspannungen

Tafel VI

Prüf- und Überschlag-Wechselspannungen

Bei der Reihenspannung 45 kV fällt die Klammer fort.

Der letzte Absatz unter a) erhält folgende geänderte Fassung:

„An Geräte angebaute Parallelfunkenstrecken sind vor der Wechselspannungsprüfung so einzustellen, daß die Überschlagspannung der Funkenstrecke die in Tafel VI, Spalte 3, angegebenen Werte nicht unterschreitet."

b) Prüfdauer

Der vorletzte Satz erhält folgende geänderte Fassung:

„Bei dieser Prüfung dürfen keinerlei Erwärmungen auftreten."

c) Spannungsmessung und Spannungssteigerung

Der dritte Absatz erhält folgende geänderte Fassung:

„Die Spannung ist vom halben Prüfspannungswert an in nicht weniger als 10 s stetig oder in einzelnen Stufen von höchstens 5% der Prüfspannung bis zum Endwert zu steigern. Gleitfunken längs der isolierenden Oberfläche dürfen unter 80% der Prüfspannung nicht auftreten. Die Prüfdauer beginnt, wenn die volle Prüfspannung erreicht ist."

An Stelle des 4. Absatzes im Entwurf wird folgender neuer Abschnitt aufgenommen:

„d) Überschlagsprüfung

An Hochspannungsgeräten ist in den unter a) angegebenen Schaltungen ein Überschlagsversuch als Typenprüfung durchzuführen. Hierzu ist die Spannung im Anschluß an die 1 min-Prüfung stetig bis zum Außenüberschlag zu steigern. Bei dieser Spannungssteigerung darf weder Durchschlag noch Überschlag im Innern des Gerätes erfolgen. Die Überschlagspannung darf die in Tafel VI, Spalte 3 bzw. 5 angegebenen Werte nicht unterschreiten."

e) Dielektrische Verlustmessung

Bisheriger Wortlaut von § 36d).

§ 37

Prüfung mit Stoßspannungen

Der vorletzte Absatz im Entwurf erhält folgenden geänderten Wortlaut, der jetzt als letzter Absatz aufgenommen wird:

„An Geräte angebaute Parallelfunkenstrecken sind vor der Stoßspannungsprüfung so einzustellen, daß ihre positive 50%-Überschlag-Stoßspannung (1|50) die für Freiluftgeräte in Tafel VII, Spalte 3, angegebenen Werte nicht unterschreitet."

Tafel VII

50%-Überschlag-Stoßspannungen

Bei der Reihenspannung 45 kV wird die Klammer fortgelassen.

§ 44

Schildangaben und Bezeichnungen für Schalter

a) Leistungsschalter und Leistungstrennschalter:

Der in § 44a) von VDE 0670/1937 unter 10. angegebene Grenzausschaltstrom wird gestrichen.

Regeln für Gleichstrom-Lichtbogen-Schweißgeneratoren und -umformer

VDE-Ausschuß für Schweißanlagen

DK 621.791.7:621.313.2 + .314.52(083.133.3)

VDE 0540/XII. 40

Änderungen gegenüber dem in ETZ 61 (1940) H. 43, S. 975 veröffentlichten Entwurf 2

§ 1

Geltungsbeginn

Diese Regeln treten am 1. Februar 1941 in Kraft[1]).

Für die Herstellung gelten daneben die bisherigen Regeln VDE 0540/1931 bis zum 31. Januar 1942.

Für die Verwendung bleiben solche Schweißgeneratoren und -umformer, die bis zu diesem Termin nach VDE 0540/1931 fertiggestellt sind, auch weiterhin zulässig, wenn sie nicht gegen die jeweils für die Verwendung geltenden VDE-Bestimmungen verstoßen.

§ 3

Arbeitsweise

Der 2. Absatz erhält folgenden Wortlaut:

„Ein Gleichstrom-Lichtbogen-Schweißumformer ist ein Maschinensatz, bestehend aus einem oder mehreren Gleichstrom-Schweißgeneratoren und einem elektrischen Antriebsmotor."

Es wird ein neuer 3. Absatz mit folgendem Wortlaut angefügt:

„Für Maschinensätze, die durch andere Motoren (z. B. Verbrennungsmotoren) angetrieben werden, gelten diese Regeln nur bezüglich des Generators."

§ 5

Spannung und Strom

Die Betriebsbestimmung für Dauerschweißstrom wird folgendermaßen geändert:

„Dauerschweißstrom ist derjenige Strom, den ein im Dauerbetrieb (siehe § 4, 1) arbeitender Schweißgenerator oder -umformer dauernd abgeben kann."

§ 6

Regelbereich

Der 2. Absatz erhält folgenden Wortlaut:

„Der größte bei der genormten Arbeitsspannung einstellbare Schweißstrom ist der Nennhandschweißstrom."

[1]) Genehmigt durch den Vorsitzenden des VDE im Dezember 1940.

Siehe auch K. Haas, Nürnberg, Einführung zum 2. Entwurf von VDE 0540 „Regeln für Gleichstrom-Lichtbogen-Schweißgeneratoren und -umformer" und VDE 0541 „Regeln für Lichtbogen-Schweißtransformatoren". Der 2. Entwurf weicht nur unwesentlich von der endgültigen Fassung VDE 0540/XII. 40 ab, so daß die einführenden Bemerkungen auch für die endgültige Fassung gelten.



§ 7

Probelauf

Absatz 4 erhält folgende Fassung:

„Zur Prüfung der Motoren sind bei Schweißumformern die nach Absatz 3 erforderlichen Prüfungen noch einmal bei den gleichen Reglerstellungen wie bei den entsprechenden Generatorprüfungen zu wiederholen. Diese Prüfungen sind bei Arbeitsspannungen durchzuführen, die um 10 V über denjenigen liegen, die nach Absatz 3 erforderlich sind. Von den bei den Prüfungen nach Absatz 3 und 4 gemessenen, vom Motor aufgenommenen Strömen ist der höchste als I_{max} zu bezeichnen."

§ 10

Leerlaufspannung

Der 2. Satz des bisherigen Textes wird gestrichen.

Es wird ein neuer 2. Absatz mit folgendem Wortlaut angefügt:

„Beim höchsten Wert der Leerlaufspannung darf die Felderwärmung die zulässige Erwärmungsgrenze nach VDE 0530 auch bei dauerndem Leerlauf nicht überschreiten."

Regeln für Lichtbogen-Schweißtransformatoren

VDE-Ausschuß für Schweißanlagen

DK 621.791.7 : 621.314.214(083.133.1)

VDE 0541 / XII.40

Änderungen gegenüber dem in ETZ 61 (1940) H. 43, S. 977 veröffentlichten Entwurf 2

§ 1

Geltungsbeginn

Diese Regeln treten am 1. Februar 1941 in Kraft[1]).

Für die Verwendung bleiben solche Schweißtransformatoren, die bis zum 31. Januar 1942 fertiggestellt sind und diesen Regeln nicht entsprechen, auch weiterhin zulässig, wenn sie nicht gegen die jeweils für die Verwendung geltenden VDE-Bestimmungen verstoßen.

§ 2

Geltungsbereich

Zum ersten Satz wird eine Fußnote 2 hinzugefügt:

„Diese Regeln gelten für Lichtbogen-Schweißtransformatoren[2]), die eine stromabhängige Arbeitsspannung abgeben und die getrennte Primär- und Sekundärwicklungen besitzen.

[1]) Genehmigt durch den Vorsitzenden des VDE im Dezember 1940. Siehe auch K. Haas, Nürnberg, Einführung zum 2. Entwurf von VDE 0540 „Regeln für Gleichstrom-Lichtbogen-Schweißgeneratoren und -umformer" und VDE 0541 „Regeln für Lichtbogen-Schweißtransformatoren". Der 2. Entwurf weicht nur unwesentlich von der endgültigen Fassung VDE 0541/XII. 40 ab, so daß die einführenden Bemerkungen auch für die endgültige Fassung gelten.

[2]) Für Transformator ist auch „Umspanner" gebräuchlich."

§ 5

Spannung und Strom

Die Begriffsbestimmung für Dauerschweißstrom wird folgendermaßen geändert:

„Dauerschweißstrom ist derjenige Strom, den ein im Dauerbetrieb (siehe § 4, 1) arbeitender Schweißtransformator dauernd abgeben kann."

§ 6

Regelbereich

Der 2. Absatz erhält folgenden Wortlaut:

„Der größte bei der genormten Arbeitsspannung einstellbare Schweißstrom ist der Nennhandschweißstrom."

§ 8

Leerlaufspannung

Der letzte Satz des bisherigen Textes wird gestrichen.

§ 9

Leistungsschild

Der Text unter Ziffer 9 wird durch folgenden Zusatz ergänzt:

„Bei Transformatoren, die für Dauer- und Handschweißbetrieb bestimmt sind, ist der Leistungsfaktor für den Nennhandschweißstrom anzugeben."

Kontaktverbindungen bei Aluminium- und Magnesium-Stromleitern

DK 621.315.684

Aluminium in seiner z. Z. hohen Entwicklung ist ein wertvoller Werkstoff der Elektrotechnik geworden und hat sich nach den Erfahrungen der letzten Jahre für Drähte, Seile, Kabel, Leitungsschienen und stromführende Gußteile bewährt[1]). Neben den Fragen der einwandfreien Fabrikation können heute auch alle Schwierigkeiten bei der Ausführung von Leiterverbindungen und Anschlüssen als überwunden bezeichnet werden, obwohl durch die starke Neigung des Aluminiums zur Oxydation besonders die Bedingungen für das Weichlöten und die Kontaktgabe erschwert sind.

Während allgemein bei der Ausführung von Aluminium-Verbindungen nach Möglichkeit geschweißt werden soll, ist für den Anschluß von Al-Einzeldrähten an Kupferkontakte das Weichlöten noch berechtigt. Zu diesem Zweck werden die Drähte zunächst mit einer geeigneten Legierung durch Anreiben in der Wärme bei etwa 300° C metallisiert. Dabei reißt die Al-Oxydhaut leicht ein und wird beim Aufreiben entfernt, während sich die Legierung gleichzeitig mit dem gereinigten Aluminium verbindet und dieses vor weiterer Oxydation schützt. Derart vorbereitete Al-Drähte bis etwa 0,2 mm Dicke lassen sich unter Verwendung gewöhnlichen Zinnlotes mit Kupferdrähten bzw. Kontaktflächen einwandfrei verbinden.

Dieselben Verbindungen sind möglich, wenn Al-Drähte mit Spitzen aus Cupal vorgeschuht werden. Zu diesem Zweck entfernt man von kurzen Cupalstückchen einen Teil der Kupferauflage durch Beizen in Salpetersäure und schweißt den Al-Leiter mit dem freigelegten Aluminium des Anschlußdrahtes zusammen. Vorgeschuhte Al-Drähte können normal angelötet oder auch infolge der besseren Dauerstandfestigkeit des Cupals geklemmt werden. Für Klemmanschlüsse sind Al-Drähte ferner durch Auflöten schwacher Kupferlöthülsen oder Aufsetzen sogenannter federnder Zähleranschlußhülsen aus Messing ausreichend vorzubereiten.

Da ohne diese Armierungen ein Al-Draht infolge seiner geringen Dauerstandfestigkeit einem starren Schraubendruck ausweicht, hat man neuerdings federnde Klemmensysteme entwickelt, die diesem Bestreben Rechnung tragen (Bild 1). Mit diesen Teilen können Schalter, Abzweigdosen, Sicherungselemente u. a. ohne bauliche Veränderungen ausgerüstet werden. Das Wesen dieser Anschlußgebilde beruht auf einer sinngemäßen Anordnung von Stahlfederbügeln, Fächerscheiben, Stahlfederringen usw., wodurch für den Anschluß eine breite Auflagefläche zwischen Leiter und Schraubenschaft geschaffen wird. Die Leiterenden werden für den Anschluß mit Messer, Feile oder Sandpapier von der Oxydschicht befreit und mit säurefreiem Fett eingestrichen. Die Klemmensysteme sind für Kupfer-, Aluminium- und Zinkleiter in gleicher Weise verwendbar und haben sich bei hohen Dauerbeanspruchungen bewährt.

Für die Verbindung und den Anschluß von Al-Litzenleitern von 35 bis 300 mm² sind eine Reihe von Verfahren entwickelt worden. Die während des Krieges eingetretene Metallverknap-

[1]) R. Schulze u. B. Zeiss, Z. VDI 84 (1940) S. 399; 4 S., 11 B.





Bild 1. Paketschalter mit Stahlbügel-Anschlußklemmen.

pung hat alle Verfahren, die auf einem Löten mit Sn-Cd-Legierungen beruhen, praktisch ausgeschaltet und auf Sonderfälle beschränkt. In diesen genügt es vielfach, wenn man das Ende eines Litzenleiters in bekannter Weise in einer Stahlblechhülse zu einem massiven Zapfen zusammenschmilzt, diesen im Reibeverfahren metallisiert und einlötet. Die so geschaffene Einzeloberfläche setzt den Lotverbrauch wesentlich herab und erhöht die Lötsicherheit. Der Massivzapfen gestattet außerdem den Anschluß des Leiters durch Klemmen.

Zeitgemäßer und auch betriebssicherer als Lötungen sind bei Al-Kabeln Schweißverbindungen. Als Arbeitsverfahren dieser Art ist bereits im Weltkriege die offene Schweißung angewendet worden. Dabei wird eine halbrohrförmige Stahlblechunterlage benutzt, in der die zu verbindenden Leiterenden in üblicher Weise durch direkte Berührung mit der Flamme geschweißt werden.

Ein neuzeitliches Verfahren ist die Hülsenschweißung. Bei dieser werden die Leiterenden in einer geschlossenen T-Stück-Blechhülse zusammengeschweißt, die den Leiter allseitig umgibt. Die Beheizung geschieht in diesem Falle möglichst durch einen besonderen Zweiflammenbrenner indirekt, außerdem wird die Schmelze gut durchgerührt, so daß dichte, oxydfreie Verbindungen zustande kommen. Das Verfahren benutzt weiter eine Anzahl von Flammenschutz- und Kühlgeräten, durch die in der Gesamtheit der Schweißvorgang beschleunigt (Dauer je nach Querschnitt 1 bis 2 min) und die Kabelisolation weitgehend geschützt wird.

Der Übergang von Al-Litzenleitern auf Kupferkontakte erfolgt bei Starkstromkabeln durch besondere Anschlußteile. Diese können durch Verbindung von Aluminium und Kupfer auf dem Wege der elektrischen Stumpfschweißung oder durch Eingießen von stab- und ringförmigen Kontaktteilen in verschieden geformte Al-Kokillengußteile hergestellt werden. Bei dieser Fabrikation wird eine Schmelzverbindung zwischen Aluminium und Kupfer erzielt, wodurch ein absolut sicherer Stromübergang gewährleistet ist. Die Verbindung derartiger Anschlußzapfen mit den Leitern geschieht durch offene bzw. Hülsenschweißung; bei Al-Cu-Durchsteckkabelschuhen läßt sich die einfache und übersichtliche Stirnschweißung anwenden. Unter Verwendung derartiger Körper ist u. a. bei einem größeren Bauobjekt der Reichsbahn die Frage des Stromüberganges von einem 500 mm² Al-Kabel auf zwei seitlich abgehende Kupferkabel von 250 mm² einwandfrei gelöst worden (Bild 2).

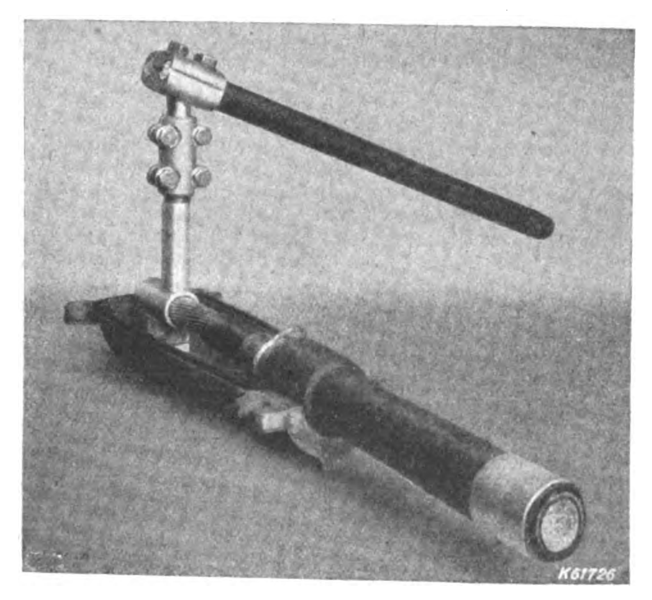


Bild 2. Anwendung eines Aluminium-Kupfer-Anschlußteiles bei einem Bahnkabel-Endverschluß.

Im Schaltanlagenbau werden Hohl- und Rundleiter, vornehmlich aber Flachschienen, aus Al zu Stromleitern verarbeitet. Als Verbindungsverfahren kommen für diese das Verschrauben und das Schweißen in Betracht. Bei Schraubverbindungen beträgt die Überlappungslänge nach der Erfahrung die zehnfache Schienendicke. Die Kontaktflächen werden aufgerauht und durch Einstreichen mit säurefreiem Fett gegen Oxydation geschützt. Eine bis vier verzinkte oder chemisch geschützte Eisenschrauben genügen dann, um den erforderlichen Mindestkontaktdruck von 50 kg/mm² aufzubringen. Die Anhäufung von Eisen durch erhöhte Schraubenzahl ist an den Kontaktstellen aus elektromagnetischen Gründen zu vermeiden. Die verwendeten Schrauben müssen durchgehend und nicht in die Schienen eingeschraubt sein, da ein Al-Gewinde nie stromführend sein soll. Die Verwendung von großen Unterlegscheiben sowie Federringen ist wichtig. Auch beim Übergang von Al- auf Cu-Schienen genügt das Aufrauhen und Einfetten der Kontaktflächen — Kontaktpasten können fortfallen —, desgleichen bieten Cupal-Zwischenlagen keinen besonderen Vorteil. Für den Anschluß der Al-Stromführungskabel an die Schienen sind Großflächenkabelschuhe nötig; bei Normalkabelschuhen ist die Stromdichte auf der Al-Seite zu groß, so daß unzulässige Erwärmungen eintreten können. Wegen der geringen Dauerstandfestigkeit und dem damit verbundenen Ausweichen des Al müssen alle Schraubenverbindungen in der ersten Zeit nachgezogen werden. Übergänge von Al auf Cu sind auch bei Schaltanlagen aus Korrosionsgründen durch einen geeigneten Lackanstrich zu schützen.

Al-Schraubverbindungen zeigten bei einwandfreier Beschaffenheit keinen größeren Spannungsabfall an der Übergangsstelle als ein einzelnes Schienenstück gleicher Länge. Obwohl der Übergangswiderstand einer derartigen Verbindung zwei- bis viermal so groß ist wie bei einer Kupferverbindung, bleibt auch im Dauerbetrieb die Erwärmung unterhalb der zulässigen Grenzen.

Schraubverbindungen an Stromschienen aus Magnesium werden in gleicher Weise ausgeführt wie bei Aluminium. Die Verhältnisse sind dadurch günstiger, daß Magnesium eine höhere Dauerstandfestigkeit hat als Aluminium und unter Druck nicht wegfließt, wodurch sich die Bedingungen denen von Kupfer nähern.

Auch Schweißungen lassen sich bei Magnesium leichter ausführen als bei Aluminium. Zum Vorbereiten der Schweißung werden die Stoßkanten der Schienen zweckmäßig im Winkel von 45° abgeschrägt und die Schweißstelle um 3 bis 4 mm hohl gelegt, damit das schmelzflüssige Metall auf der Unterseite der Naht gut anlaufen kann. Bewährte Magnesium-Schweißmittel sind Firinit M und Elektrogal; sie werden mit Wasser angerührt und auf Schweißstelle und Zusatzstab gut aufgestrichen. Während des Schweißens ist darauf zu achten, daß die Flußmitteldecke stets erhalten bleibt, da bei Zutritt von Luftsauerstoff zum geschmolzenen Magnesium Brandstellen entstehen. Beim Aufbau einer Schweißnaht ist zunächst der Grund des V-Kerbes ohne Zusatzmaterial zusammenzuschweißen und danach die Naht aufzubauen, wobei darauf zu achten ist, daß keine Flußmittelreste eingekapselt werden, da sonst mit späteren Korrosionen zu rechnen ist. Magnesium-Schweißnähte werden stets auf beiden Seiten mit starker Überhitzung hergestellt; die erhöhten Raupen sind nachträglich abzuarbeiten, womit dann auch noch vorhandene Poren und Verunreinigungen verschwinden.

Sofern in der Elektrotechnik stromführende Leichtmetall-Gußteile verwendet werden, müssen diese für Kontaktzwecke wegen der stets vorhandenen Porosität mit Kupfer armiert werden. Zu verwenden sind dafür anschweißbare Cu-Al-Übergangsstücke, oder es werden Kupferscheiben weich aufgelötet. Beim Löten wird das Leichtmetall in bekannter Weise metallisiert und in der Wärme mit dem ebenfalls verzinnten Kupferkontakt gleichmäßig zusammengepreßt. Wird nun am Rande des Kupfers ein Anfließen des Lotes sichtbar, so ist die Verbindung gelungen. Bei derartigen Lötverbindungen kann vorteilhaft auch elektrische Erwärmung angewendet werden. *Sb.*

RUNDSCHAU

Physik

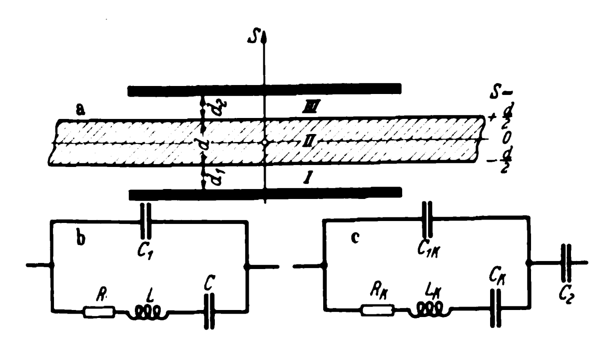
DK 537.228.1

Dickenschwingungen piezoelektrisch erregter Kristallplatten. [Nach R. Bechmann, Hochfrequenztechn. 56 (1940) S. 14; 8 S., 3 B.]

In der Arbeit wird die Differentialgleichung der schwingenden piezoelektrischen Kristallplatte durch Einführung des Hamiltonschen Prinzips abgeleitet. In die Lagrangesche Funktion unter dem Zeitintegral, dessen Variation nach dem genannten Prinzip verschwinden muß, wird neben der kinetischen Energie, der potentiellen Energie und der Reibungsenergie auch das piezoelektrische Potential aufgenommen, so daß die Lösung der Gleichung auch das Verhalten des piezoelektrischen Resonators erfassen muß. Bei der Berechnung der einzelnen Bestandteile der Lagrangeschen Funktion wird die seitliche Ausdehnung der Kristallplatte groß gegen die Dicke angenommen und vorausgesetzt, daß man es mit ebenen, also nur in Richtung der Plattennormalen verlaufenden Vorgängen zu tun hat. Unter diesen Bedingungen ergibt sich die gesamte potentielle Energie der mechanischen Bewegung aus dem elastischen Potential für ein beliebiges anisotropes Medium zu

$$U_m = q\,\frac{c}{2}\int_{-d/2}^{+d/2}\left(\frac{\partial\xi}{\partial s}\right)^2 \mathrm{d}s\,, \tag{1}$$

wenn q die Plattenfläche, s die senkrechte Entfernung der Plattenebenen vom Anfangspunkt des durch die Hauptachsen des Kristalles bestimmten Koordinatensystems, ξ die resultierende Verrückung der Platte und c der Elastizitätsmodul ist, für den sich als die Lösungen einer Säkulargleichung dritten Grades drei Werte errechnen lassen[1]), während d die aus Bild 1



a Elektrodenanordnung b allgemeines Ersatzbild c Ersatzbild bei Berücksichtigen des Elektrodenabstandes

Bild 1. Schwingquarzschaltbilder.

ersichtliche Bedeutung hat. Die potentielle Energie der piezoelektrischen Wechselwirkung läßt sich unter Vereinfachung der von W. Voigt[2]) gegebenen Gleichung für das piezoelektrische Potential gemäß der weiteren Voraussetzung eines parallel zur Plattennormalen verlaufenden elektrischen Feldes zu

$$U_e = -q_e\,e\int_{-d/2}^{+d/2} E_s^{II}\,\frac{\partial\xi}{\partial s}\,\mathrm{d}s - (q-q_e)\,e\int_{-d/2}^{+d/2} E_s^{II\infty}\,\frac{\partial\xi}{\partial s}\,\mathrm{d}s \tag{2}$$

angegeben, wenn $q_e \leq q$ die Elektrodenfläche und E_s die allein vorhandene Komponente der elektrischen Feldstärke in Richtung s ist. Im einzelnen ergibt die Rechnung für das Feld innerhalb des Kristalles die Gleichung

$$E_s^{II} = -\frac{V}{d_0} + \frac{4\pi e}{\varepsilon d_0}\left\{2\,\xi\,\frac{d}{2}\left(\frac{\partial\xi}{\partial s}\right)_{d/2}\varepsilon\,(d_1+d_2)\right\} - \frac{4\pi e}{\varepsilon}\,\frac{\partial\xi}{\partial s}\,,$$

wobei $d_0 = d + \varepsilon\,(d_1 + d_2)$ gesetzt ist, V die Spannung zwischen den Elektroden und e einen von drei möglichen piezoelektrischen Modulen bezeichnet. Rücken die Elektroden von der Kristallplatte unendlich weit ab, wird also $d_1 + d_2 = \infty$, so ergibt sich für das Feld innerhalb der Platte die Gleichung

$$E_s^{II\infty} = -\frac{4\pi e}{\varepsilon}\,\frac{\partial\xi}{\partial s} + \frac{4\pi e}{\varepsilon}\left(\frac{\partial\xi}{\partial s}\right)_{d/2}.$$

Für die Arbeit der inneren Reibungskräfte erhält man nach erlaubter Umformung eines weiteren Ansatzes von W. Voigt[2]) die Gleichung:

$$\delta' A = -q\,r\,\frac{\partial^2\xi}{\partial t\,\partial s}\,\delta\,\frac{\partial\xi}{\partial s}\,, \tag{3}$$

wobei r die Reibungskonstante ist. Die gesamte kinetische Energie der Platte beträgt schließlich

$$T = q\,\frac{\varrho}{2}\int_{-d/2}^{+d/2}\left(\frac{\partial\xi}{\partial t}\right)^2 \mathrm{d}s\,, \tag{4}$$

wobei ϱ die Dichte des Plattenwerkstoffes bezeichnet. Nach Einsatz der Gl. (1) bis (4) in die Hamiltonsche Gleichung

$$\int_{t_0}^{t_1}\left\{\delta T - \delta\,(U_m + U_e) + \delta' A\right\}\mathrm{d}t = 0$$

erhält man zunächst ein Doppelintegral, aus dem sich durch partielle Integration die Differentialgleichung der schwingenden Platte

$$\varrho\,\frac{\partial^2\xi}{\partial t^2} - c'\,\frac{\partial^2\xi}{\partial s^2} - r\,\frac{\partial^2\xi}{\varrho_s^2\,\partial t} = 0 \tag{5}$$

und die Randbedingung

$$c''\left(\frac{\partial\xi}{\partial s}\right)_{d/2} + r\,\frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{\partial\xi}{\partial s}\right)_{d/2} - \frac{q_e}{q}\,\frac{8\pi e^2}{\varepsilon d_0}\,\xi\left(\frac{d}{2}\right) = -\frac{q_e}{q}\,\frac{e}{d_0}\,V, \tag{6}$$

ergeben, wobei

$$c' = c + \frac{8\pi e^2}{\varepsilon} \text{ und } c'' = c' - \frac{4\pi e^2}{\varepsilon}\left(1 - \frac{q_e}{q}\,\frac{d}{d_0}\right)$$

ist. Die Gl. (5) und (6) lassen sich mit den Ansätzen

$$V = V_0\,\mathrm{e}^{\mathrm{j}\omega t},\quad \xi = \xi_0\,\mathrm{e}^{\mathrm{j}(\omega t - p)}\sin k\,s$$

lösen. Für den Fall freier ungedämpfter Schwingungen ($V_0 = 0$, $r = 0$) erhält man dann nach erlaubten Vernachlässigungen für die Eigenfrequenzen der freien ungedämpft schwingenden Platte die Gleichung

$$\omega^{(n)} = \left(\frac{2n+1}{d}\right)\pi\sqrt{\frac{c'}{\varrho}}\,(1 - \gamma_n)\,, \tag{7}$$

wobei

$$\gamma_n = \frac{q_e}{q}\,\frac{1}{(2n+1)^2\,\pi}\,\frac{16\,e^2}{\varepsilon c'}\,\frac{d}{d_0}$$

bedeutet. Diese Gleichung besagt, daß die Eigenfrequenzen der freien Dickenschwingungen durch den Piezoeffekt mitbestimmt werden. Der Elastizitätsmodul wird um den Betrag $\frac{8\pi e^2}{\varepsilon}$ vergrößert; die Eigenfrequenzen werden durch ein von der Anordnung der zur Erregung dienenden Elektroden abhängiges Zusatzglied verkleinert. Für den Fall erzwungener Schwingungen ($V_0 \neq 0$) erhält man in der Umgebung $\Delta\omega$ einer durch Gl. (7) gegebenen Eigenfrequenz, d. h. bei einer Frequenz

$$\omega = \omega^{(n)}\,(1 + \Delta\omega)\,, \tag{7'}$$

die Amplitudengleichung:

$$\xi_0^{(n)}\,\mathrm{e}^{-\mathrm{j}\varphi^{(n)}} = \frac{\varepsilon}{8\pi e}\,\gamma_n'\,\frac{(-1)^n\,V_0}{\Delta\omega - \mathrm{j}\,\eta_n'}\,, \tag{8}$$

wenn zur Abkürzung $\frac{\gamma_n}{(1-\gamma_n)^2} = \gamma_n'$, $\frac{\omega^{(n)}\,r}{2\,c'} = \eta_n$ und $\frac{\eta_n}{(1-\gamma_n)^2} = \eta_n'$ gesetzt wird.

[1]) Z. techn. Phys. 16 (1935) S. 525.
[2]) W. Voigt, Lehrbuch der Kristallphysik. Leipzig 1910, S. 792 u. 816.

Zur Erfassung des elektrischen Verhaltens eines piezoelektrischen Dickenschwingers muß noch die Gleichung für den Strom I im Elektrodenkondensator aufgestellt werden; sie ergibt sich nach einiger Rechenarbeit zu

$$I = j\,\omega\,e^{j\,\omega\,t}\,\frac{\varepsilon\,q_e}{4\,\pi\,d_0}\,V_0\left(1 - \gamma_n'\,\frac{1}{\Delta\omega - j\,\eta_n'}\right) = \mathfrak{G}\,V, \qquad (9)$$

wenn $\mathfrak{G}$ einen komplexen Leitwert darstellt. Setzt man $\frac{\varepsilon\,q_e}{4\,\pi\,d_0}$ als statische Kapazität C_1 des den Kristall enthaltenden Elektrodenkondensators in Rechnung, so folgt aus Gl. (9) ohne weiteres:

$$\mathfrak{G} = j\,\omega\,C_1\,\frac{\eta_n' + j\,(\Delta\omega - \gamma_n')}{\eta_n' + j\,\Delta\omega}. \qquad (9')$$

Nimmt man an, daß die Reibung sehr klein ($r \approx 0$) ist, so erhält man für das Reellwerden von $\mathfrak{G}$ die Bedingung

$$(\Delta\omega)^2 - \gamma_n'\,\Delta\omega = 0, \text{ d. h. } \Delta\omega = 0 \text{ und } \Delta\omega - \gamma_n' \approx \gamma_n .$$

Die beiden möglichen Resonanzfrequenzen liegen daher nach Gl. (7') bei

$$\omega_s^{(n)} = \frac{(2\,n + 1)\,\pi}{d}\sqrt{\frac{c'}{\varrho}}\,(1 - \gamma_n) \qquad (7'')$$

und bei

$$\omega_p^{(n)} = \frac{(2\,n + 1)\,\pi}{d}\sqrt{\frac{c'}{\varrho}}, \qquad (7''')$$

wenn γ_n^2 gegen 1 vernachlässigt wird. Mit Gl. (7'') wird $\mathfrak{G}$ sehr groß, mit Gl. (7''') sehr klein, d. h. die Frequenz f_s stellt die Reihenresonanzfrequenz, die Frequenz f_p die Parallelresonanzfrequenz dar. Der Leitwert des in Bild 1b gezeigten Zweipols hat den Wert:

$$\mathfrak{G}_z = j\,\omega\,C_1\,\frac{R + j\left(\omega\,L - \frac{1}{\omega\,C} - \frac{1}{\omega\,C_1}\right)}{R + j\left(\omega\,L - \frac{1}{\omega\,C}\right)}.$$

Betrachtet man ω in der Nähe einer durch Gl. (7'') gegebenen Frequenz, die einer durch L und C bestimmten Resonanzstelle entsprechen soll, setzt man also $\omega = \omega_s\,(1 + \Delta\omega)$ und $\omega_s = \frac{1}{\sqrt{L\,C}}$, so erhält man bei Berücksichtigung der Tatsache, daß $\Delta\omega$ eine sehr kleine Größe ist,

$$\mathfrak{G}_z = j\,\omega_s\,C_1\,\frac{\frac{R}{2\,\omega_s\,L} + j\left(\Delta\omega - \frac{1}{2\,\omega_s^2\,L\,C_1}\right)}{\frac{R}{2\,\omega_s\,L} + j\,\Delta\omega}. \qquad (10)$$

Ein Vergleich der Gl. (9') und (10) und die Beachtung der nach erlaubten Vernachlässigungen einführbaren Gleichung

$$\omega\,L - \frac{1}{\omega\,C} = 2\,\omega_s\,L\,\Delta\omega$$

ergibt für die Ersatzgrößen, bezogen auf die Frequenz $f_s = \omega_s/2\,\pi$ gemäß Gl. (7'') des Resonators die Gleichungen:

$$C^{(n)} = \frac{16}{(2\,n + 1)^3\,\pi^2}\,\frac{e^2}{c'}\sqrt{\frac{\varepsilon}{c'}}\,\frac{f}{(1 - \gamma_n)^3}\,\frac{q_e^2}{q}\left(\frac{d}{d_0}\right)^2\frac{1}{9 \cdot 10^{11}}\,\mathrm{F} \qquad (\mathrm{I})$$

$$L^{(n)} = \frac{(2\,n + 1)^3}{64}\,\frac{c'}{e^2}\sqrt{\frac{c'}{\varrho}}\,\frac{(1 - \gamma_n)^3}{f^3}\,\frac{q}{q_e^2}\left(\frac{d_0}{d}\right)^2 9 \cdot 10^{11}\,\mathrm{H} \qquad (\mathrm{II})$$

$$R^{(n)} = (2\,n + 1)^3\,\frac{\pi^2\,r}{16\,e^2}\sqrt{\frac{c'}{\varrho}}\left(\frac{d_0}{d}\right)^2\frac{1 - \gamma_n}{f}\,\frac{q}{q_e^2}\,9 \cdot 10^{11}\,\Omega; \qquad (\mathrm{III})$$

für die Dämpfung ergibt sich damit: $\delta = \frac{2\,\pi\,r}{c'}\,\frac{f}{(1 - \gamma_n)^2}$. Die Größe $\frac{d_0}{d} = 1 + \frac{\varepsilon\,(d_1 + d_2)}{d}$ läßt sich in die Form $\frac{d_0}{d} = 1 + \frac{C_{1\,k}}{C_2}$ bringen, wenn $C_{1\,k} = \frac{\varepsilon\,q_e}{4\,\pi\,d}$ die durch die Plattenoberflächen gebildete Kapazität und $C_2 = \frac{q_e}{4\,\pi\,(d_1 + d_2)}$ die Kapazität der beiden Spalte ist; $(1 - \gamma_n)^2$ läßt sich in erster Näherung durch $1 - 2\,\gamma_n$ ersetzen, und man erhält $1 - 2\,\gamma_n = 1 - \frac{C_k}{C_{1\,k}} + \frac{C_k}{C_{1\,k} + C_2}$, wenn C_k der Wert von C für die Elektrodenabstände Null ist. Damit erhält man schließlich die Transformationsgleichungen[1]:

$$L = L_k\left(1 + \frac{C_{1\,k}}{C_2}\right)^2, \quad C = C_k\,\frac{1}{\left(1 + \frac{C_{1\,k}}{C_2}\right)^2\left(1 + \frac{C_k}{C_{1\,k} + C_2}\right)},$$

$$R = R_k\left(1 + \frac{C_{1\,k}}{C_2}\right)^2, \quad C_1 = \frac{C_{1\,k}\,C_2}{C_{1\,k} + C_2},$$

wenn die Beibuchstaben k die in Bild 1c gezeigten Ersatzwerte für den Elektrodenabstand Null bedeuten, die sich aus den Gl. (I) bis (III) ergeben, wenn man $d/d_0 = d_0/d = 1$ setzt.

E. C. M.

Elektrische Maschinen

DK 621.313.39

Theorie eines umlaufenden Frequenzumformers. [Nach M. M. Tarascanskij, Elektritschestwo 61 (1940) H. 4, S. 56; 2 S., 2 B.]

Zur Erzeugung von Frequenzen zwischen 100 bis 300 Hz verwendet man in den Ver. Staaten einen einfachen Frequenzumformer, dessen Wirkungsweise auf der Verzerrung des magnetischen Feldes beruht. Im Ständer der Maschine sind zwei Wicklungen untergebracht; die eine wird an das speisende Netz normaler Frequenz angeschlossen, von der anderen wird der Strom erhöhter Frequenz abgenommen. Der Läufer besitzt ausgeprägte Pole ohne Wicklung. Da zwischen dem Ständer und Läufer nur ein kleines Drehmoment wirkt, genügt das Reaktionsmoment, um die Maschine auf der Nenndrehzahl zu halten. Durch die besondere Form des Luftspaltes wird eine Feldverzerrung erreicht, bei der nur die Grund- und die gewünschte Oberwelle auftritt. Die Berechnung des Magnetisierungsstromes der speisenden Wicklung ist beim Leerlauf einfach, bei der Belastung dagegen etwas komplizierter, weil infolge der Querwirkung des Hochfrequenzstromes eine räumliche Verschiebung des Läufers gegenüber dem Drehfeld stattfindet. Sind die Induktionen beider Wellen bestimmt, so lassen sich die EMKe und Ströme daraus berechnen. Durch Vergleich der gerechneten und gemessenen Werte wurde die Brauchbarkeit der Rechnung bewiesen. [Dergleichen Umformer sind auch in Deutschland bekannt, doch werden sie vermutlich wegen des schlechten Wirkungsgrades und Leistungsfaktors sowie großen Spannungsabfalles bei Belastung praktisch kaum verwendet. Anm. d. Ber.] *Sky.*

Geräte und Stromrichter

DK 621.383 : 621.317.39

Photoelektrisches Gerät zur Messung von Zeitunterschieden. [Nach T. M. Berry, Gen. electr. Rev. 43 (1940) S. 137; 2 S., 2 B.]

Die entwickelte Einrichtung ermöglicht die Messung kurzer Zeitunterschiede in dem Bereich 1 ms bis 1 s. Das Meßgerät ist bestimmt zur Ermittlung der Geschwindigkeit von Kameraverschlüssen und von mechanischen Einrichtungen, die durch Lichtblitze synchronisiert werden. Meßtechnisch vorteilhaft ist, daß das Meßorgan nicht durch ein mechanisches Zwischenglied, sondern durch einen Lichtstrahl an den zu untersuchenden Verschluß angekoppelt wird. Der Lichtstrahl wird durch eines der sich bewegenden Bauteile des Kameraverschlusses unterbrochen, womit sich der Betrag des auf eine Photozelle fallenden Lichtbündels ändert. Diese Änderung beeinflußt das Steuergitter einer Dreigitterröhre in einer dreistufigen Verstärkerschaltung. Während der zu messenden Zeit t fließt im Anodenkreis der Dreigitterröhre ein unveränderlicher Strom i, der einen Kondensator C auf die Spannung $U = i\,t/C$ lädt. Da der Strom i und die Kapazität C sich gleich bleiben, ist die Spannung U verhältnisgleich der gesuchten Zeitdauer t. Die Kondensatorspannung wirkt auf das Gitter einer Röhre, die den Zweig einer Brückenschaltung bildet. Die Kondensatorspannung stört das Brückengleichgewicht. Der Strom im Nullzweig der Brücke wird durch ein empfindliches Zeigergalvanometer gemessen, das eine lineare, in ms geteilte Skala hat. Die gesamte Meßeinrichtung ist in einen Handkoffer eingebaut. Die Photozelle ist in ein getrenntes kleines Schutzgehäuse gesetzt, das durch ein 1,2 m langes Kabel mit dem Hauptgerät verbunden ist. Mit der Einrichtung kann gemessen werden: 1. der Zeitunterschied zwischen zwei elektrischen Stößen oder zwei Kontaktgaben, 2. die Zeit zwischen zwei Lichtblitzen, 3. die Zeit zwischen einem elektrischen Stoß und einem Lichtblitz. *Rsk.*

---

[1]) Elektr. Nachr.-Techn. 5 (1928) S. 45.

Elektrische Antriebe

DK 621.34 : 677.05

Energiebedarfsermittlung an Spinnmaschinen. [Nach E. A. Untersee, Electr. Engng. 59 (1940) Transactions S. 1 u. 336; 3½ S., 9 B. u. 2 S., 6 B.]

Mit Einführung des elektrischen Einzelantriebes bei Textilmaschinen wurde es zur Bestimmung der ausreichenden Motorgröße notwendig, den Energiebedarf beispielsweise von Ringspinnmaschinen möglichst genau zu kennen, was insofern Schwierigkeiten bereitete, als bei dieser Maschinenart je nach Bauart, Betriebsweise und Spinngut erhebliche Verschiedenheiten auftreten. Der Verfasser hat in längeren Versuchsreihen die Energieaufnahme in PS je Spindel unter Trennung nach verschiedenen Einflußgrößen bestimmt, in Schaubildern (ohne Einzeichnung von Meßpunkten) dargestellt und in einer für Baumwollgarne gültigen Formel in Abhängigkeit vom Spinnringdurchmesser zwischen 38 und 75 mm, der Spindeldrehzahl in U/min und der englischen Garnnummer zusammengefaßt. Nach dieser Formel soll es möglich sein, für eine neu zu erstellende Baumwoll-Ringspinnmaschine den Energiebedarf vorauszubestimmen.

Versuche und Formel haben eine beschränkte Anwendbarkeit insofern, als alle Versuche nur an ein und derselben Maschine aufgenommen sind und einige ebenfalls wichtige, den Energiebedarf beeinflussende Größen, wie Spindelzahl und -teilung, Spulenhub, Spulenfüllungsgrad, Unterschiede hinsichtlich Kett- und Schußgarn nicht erfassen. In dieser Hinsicht ist die Aufgabe erschöpfender bereits im Jahre 1930 von Stiel[1]) gelöst, dessen Formel auch die zuletzt genannten Größen mit berücksichtigt. Immerhin sind auch hierin noch das Spinnsaalklima (Luftfeuchtigkeit, Temperatur) und der Einlaufzustand der Maschine außer acht gelassen, der bekanntlich bei neuen Maschinen und jeden Morgen früh, besonders an Montagen, eine erhöhte Energieaufnahme bedingt. Stiel gibt noch ein Nomogramm, das den gesuchten Energiebedarf einer Ringspinnmaschine, sobald die erwähnten einzelnen Faktoren bekannt sind, ohne Rechnung durch bloßes Aufsuchen als Mittelwert für halbvolle Spulen zu bestimmen erlaubt. Die besprochenen englischen Versuche haben den Vorzug von Gegenwartsergebnissen, so daß sie für eine Neubearbeitung der Frage, wobei eine möglichst breite Versuchsunterlage stets von Vorteil sein wird, eine Heranziehung mindestens zu Vergleichszwecken verdienen. *F. Oe.*

Theoretische Elektrotechnik

DK 537.528 : 665.4

Einfluß von Luft und Feuchtigkeit auf den Punktdurchschlag von Mineralöl. [Nach J. Hirai, Electrotechn. J., Tokio 4 (1940) S. 129; 5 S., 10 B.]

In einer früheren Veröffentlichung (Electrotechn. J. 2 (1938) S. 206) hatte der Verfasser bereits über den Einfluß des Luftgehaltes auf den Punktdurchschlag des Mineralöles berichtet. Es wurde festgestellt, daß der Durchschlag unabhängig von der Temperatur ist, wenn nur trockne Luft im Öl gelöst ist. Bei gleichzeitiger Anwesenheit von Feuchtigkeit fällt der Durchschlag des Öles mit steigender Feuchtigkeit bei derselben Temperatur; dagegen steigt er bei konstanter Feuchtigkeit mit steigender Temperatur. In einem besonders beschriebenen Gerät kann das Öl, das vorher entgast und getrocknet ist, mit Luft bekannter Feuchtigkeit gesättigt werden. Eine elektrische Heizung hält das Öl auf der gewünschten Temperatur. Der Temperaturbereich liegt zwischen 30 bis 80° C. Bei höherer Temperatur gesättigtes Öl wird plötzlich abgekühlt, um es zur Messung der Durchschlagsfestigkeit zu bringen. Die Größe der Feuchtigkeitsteilchen wird nach einem optischen Verfahren bestimmt. Der Verfasser benutzte einen viereckigen Trog mit Fenstern und maß die Lichtintensitäten I auf photoelektrischem Wege. Es ergibt sich dann, daß das Volumen v_0 der Wasserteilchen gleich ist $k \cdot \gamma/c$; k ist eine Konstante, γ das Verhältnis der Intensitäten von durchgelassenem zu abgebeugtem Licht, das den Wasserteilchen zukommt, c ist die Konzentration des Wassers in %. Zahlen werden nicht angegeben.

Von den experimentellen Ergebnissen der Untersuchungen ist folgendes gesagt. Die Löslichkeit von Luft allein in Öl nimmt mit der Temperatur linear ab; sie fällt von rd. 9% bei 30° C auf etwa 7,5% bei 80° C; der Abfall ist nicht linear. Die Beziehung zwischen gelöster Luft und dem Punktdurchschlag ist von der Temperatur unabhängig, wenn es sich um trockenes Öl handelt. Für 0,85 bis 1,5% Luft wird ein Wert von rd. 50 kV, für 9 bis 9,9% Luft von rd. 54 kV angegeben. Die Streuungen betragen etwa ± 5 kV. Ist Feuchtigkeit vorhanden, so sind die Streuungen größer, und selbst die Mittelwerte liegen nicht mehr auf einer Kurve. Es wurde aber gefunden, daß die kV-Werte mit der Temperatur zunehmen, und zwar liegen die Werte um so höher, je geringer der Feuchtigkeitsgehalt ist, und daß die Größe der Feuchtigkeitsteilchen mit steigender Temperatur abnimmt. Je geringer der Gehalt an Feuchtigkeit ist, desto kleiner ist der Durchmesser der Teilchen. Bei höherer Temperatur gleichen sich diese Werte an und erreichen niedrige Werte.

Der Verfasser leitet dann eine Formel ab, die dem Zusammenhang zwischen der Form der Teilchen des Wassers im Öl und der Durchschlagspannung angibt. Das Ergebnis ist

$$E_p = K_0' \left[1 + 1{,}48\,(t - 30°) \cdot 10^{-2} - 3{,}36\,(t - 30°)^2 \cdot 10^{-5} \right].$$

Hierin ist E_p die Durchschlagspannung, K_0' eine Konstante, die unter anderem auch die Form der Teilchen enthält, und t die Temperatur in °C. Die berechneten Werte stimmen der Größenordnung nach mit der Beobachtung überein. *F. Ev.*

Werkstatt und Baustoffe

DK 621.316.8 : 669.22

Über die Verwendung von Silberlegierungen als Widerstandswerkstoff. [Nach A. Schulze, Phys. Z. 42 (1941) H. 1; 8 S., 11 B.]

Die Verwendung von Silberlegierungen als Widerstandswerkstoff bedeutet einen erheblichen Schritt vorwärts. Sie besitzen gegenüber den Kupferlegierungen eine wesentlich höhere Korrosionsfestigkeit; außerdem haben sie im kaltverformten, d. h. also im Anlieferungszustand die größten negativen Temperaturkoeffizienten, die man bisher bei rein metallischen Legierungen gefunden hat. Diese Eigenschaft hat insofern eine technische Bedeutung, als man derartige Legierungen vor allem für temperaturunabhängige Kompensationsschaltungen verwenden kann. Die bisher für technische Widerstände verwendeten Silberlegierungen sind unter den Namen NBW 108, NBW 139 und NBW 173 im Handel und sind im wesentlichen Silber-Manganlegierungen mit Zinnzusatz. In der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt wurden die elektrischen und mechanischen Eigenschaften dieser Legierungen einer eingehenden Untersuchung unterzogen.

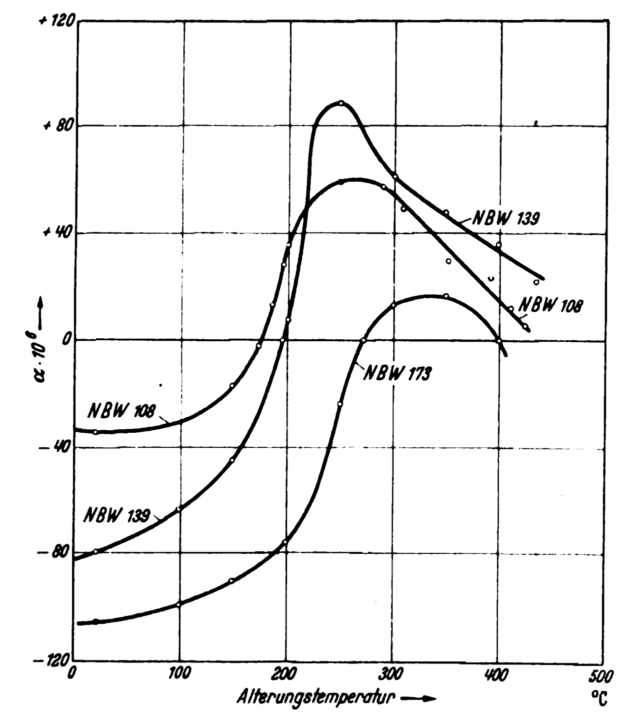


Bild 2. Widerstandstemperaturkoeffizient der Silberlegierungen NBW 108, 139 und 173 bei 20° C in Abhängigkeit von der Alterungstemperatur.

Die Silberlegierung NBW 108 hat im kaltverformten Zustande bei Raumtemperatur einen spezifischen Widerstand von 0,55 Ω mm²/m. Der Temperaturkoeffizient schwankt je nach dem Grad der Kaltverformung zwischen — 30 und — 55

[1]) Stiel, Elektrobetrieb in der Textilindustrie. Verlag S. Hirzel, Leipzig 1930, S. 243.

Milliontel. Die Widerstandstemperaturkurve hat in der Umgebung der Raumtemperatur einen nur wenig von der Geraden abweichenden Verlauf. Ihre Richtung ist sehr stark von der Alterungstemperatur abhängig. Während der Temperaturkoeffizient zwischen 10 und 50° C für einen kaltverformten Draht stark negativ ist, ist er nach Alterung bei etwa 175° C nahezu Null und nimmt positive Werte an, wenn der Draht bei noch höheren Temperaturen gealtert wird. Stellt man die Temperaturkoeffizienten α (bei 20°) in Abhängigkeit von der Alterungstemperatur graphisch dar — siehe Bild 2 — so ergibt sich, daß der Werkstoff NBW 108 durch geeignete thermische Behandlung den Widerstandstemperaturkoeffizienten „Null" erhalten kann. Es ergibt sich ferner ein ganz ähnliches Bild wie beim Manganin. Es treten somit auch bei den Silberlegierungen die bei der Alterung sich abspielenden Vorgänge, nämlich die mechanische Erholung und die chemische Homogenisierung des Werkstoffs, in der gleichen Weise in Erscheinung. Die Widerstandstemperaturkurve, die in dem Temperaturbereich von — 200 bis + 150° C bestimmt wurde, hat den für Manganlegierungen charakteristischen S-förmigen Verlauf.

Der spezifische Widerstand der Legierung NBW 108, der, wie oben angegeben, in hartem Zustande bei 20° C 0,55 Ω mm^2/m beträgt, ist größer als der des Manganins und sehr stark von der thermischen Behandlung abhängig; er sinkt nach 10stündiger Alterung bei 175° auf 0,51 und nach entsprechender Alterung bei 300° auf 0,44 Ω mm^2/m.

Die Thermokraft von NBW 108 gegen Kupfer ist außerordentlich klein und beträgt in der Umgebung der Raumtemperatur 0,5 μV je Grad. Messungen der Dichte ergaben den Wert 9,58 g/cm^3.

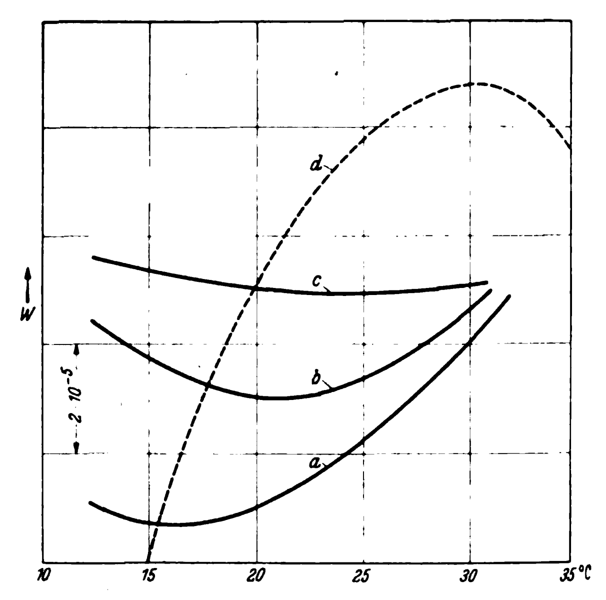
Von den mechanischen Eigenschaften wurde die Zerreißfestigkeit und die Dehnung an 0,6 und 1,2 mm dicken Drähten bestimmt. Im kaltverformten Zustande beträgt die Zerreißfestigkeit 61 kg/mm^2 bei einer Dehnung von 2%. Alterung bei 300° C bewirkt ein Absinken der Zerreißfestigkeit auf 39 kg/mm^2 bei einer Zunahme der Dehnung auf 12%.

Die gesamten Untersuchungen zeigen, daß der Werkstoff NBW 108 alle Vorbedingungen erfüllt, die für eine Verwendung zu Präzisions- bzw. Normalwiderständen gestellt werden müssen. Es wurde daher eine Reihe von 1 Ω- und 10 Ω-Widerständen — ebenso wie die Manganinwiderstände — hergestellt. Der eine Teil dieser Widerstände wurde 10 Stunden lang bei 175°, der andere bei 400° C in neutraler (Argon-)Atmosphäre getempert und anschließend langsam bis auf Raumtemperatur abgekühlt. Die Widerstände wurden auf die zeitliche Konstanz ihrer Widerstandswerte hin untersucht. Während die meisten von ihnen 2 bis 3 Monate brauchten, bis ihre Widerstandswerte konstant wurden, haben einige unmittelbar nach ihrer Fertigstellung Widerstandswerte ergeben, die bereits über sechs Monate einiger Milliontel konstant sind. Merkwürdigerweise verhalten sich in dieser Hinsicht die bei 175° C getemperten Widerstände besser als die bei 400° getemperten. Die Temperaturkoeffizienten betragen etwa 1 Milliontel. Die WT-Kurve (Kurve a in Bild 3) verläuft erheblich flacher als die Manganinkurve. Hiernach dürfte die Silberlegierung NBW 108 nach geeigneter thermischer Vorbehandlung als Widerstandswerkstoff für Normalwiderstände geeignet sein.

Der zweite Widerstandswerkstoff, die NBW-Legierung 139, die einen höheren Gehalt sowohl an Mangan als auch an Zinn besitzt, hat unter den Silberlegierungen den höchsten spezifischen Widerstand; er beträgt im kaltverformten Zustande bei 20° C : 0,61 Ω mm^2/m bei einem Temperaturkoeffizienten von etwa — 80 Millionteln. Die physikalischen und mechanischen Eigenschaften dieses Werkstoffes sind in der gleichen Weise sehr stark von der thermischen Behandlung abhängig, wie aus dem Verlauf der Widerstandstemperaturkoeffizientenkurve (s. Bild 2) ersichtlich. Hiernach ist es möglich, für diesen Werkstoff den Temperaturkoeffizienten Null zu erhalten, wenn man ihn bei 195° tempert, — der spezifische Widerstand sinkt hierbei auf 0,57 Ω mm^2/m ab. Die Thermokraft gegen Kupfer beträgt 0,2 μV je Grad, die Dichte hat sich zu 9,45 g/cm^3 ergeben.

Wenn auch der Widerstandswerkstoff NBW 139 in elektrischer Beziehung sehr günstige Bedingungen für die Herstellung von Präzisions- und Normalwiderständen ergeben hat (vgl. Bild 3, Kurve b), dürfte seine Verwendung hierfür wegen der wenig günstigen mechanischen Eigenschaften nicht zu empfehlen sein. Der Werkstoff besitzt im Anlieferungszustand bereits eine sehr große Härte, die mit steigender Alterungstemperatur noch erheblich zunimmt; außerdem wird er durch Alterung so spröde, daß er beim Biegen so leicht wie Glas bricht.

Die dritte Legierung, NBW 173, hat den höchsten Mangangehalt. Sie besitzt den größten negativen Widerstandstemperaturkoeffizienten von 105 Millionteln im kaltverformten Zustande; ihr spezifischer Widerstand beträgt bei 20° 0,58 Ω mm^2/m. Durch Tempern fällt er sehr stark ab. Alterung bei 270° C (dreimal je 6 Stunden mit darauffolgender langsamer Abkühlung), wodurch der Werkstoff den Temperaturkoeffizienten Null erhält, ergibt einen spezifischen Widerstand von 0,46 Ω mm^2/m bei 20° C. Die Widerstandstemperaturkurven verlaufen in der Umgebung der Raumtemperatur nahezu geradlinig; jedoch hängt ihre Richtung, ebenso wie bei den ersten beiden Silberlegierungen, in sehr starkem Maße von der thermischen Behandlung ab (vgl. Bild 4). Der Temperaturkoeffizient Null kann, wie aus dem Kurvenverlauf ersichtlich, durch entsprechendes Tempern bei 270° C und bei 400° C erhalten werden. Der starke Einfluß des Alterns ist fernerhin sehr deutlich aus den Widerstandstemperaturkurven zu ersehen, die in dem Temperaturgebiet von — 200° bis nahezu + 300° C bestimmt sind. Die für die Manganlegierungen charakteristische S-Form tritt hierbei deutlich in Augenschein. Der kleine Temperaturkoeffizient der getemperten Legierung bleibt über ein Temperaturgebiet von nahezu 200° C erhalten, was besonders für die Verwendung als Ballastwiderstand von Bedeutung ist. Die Thermokraft dieser Legierung gegen Kupfer beträgt 2 μV je Grad, die Dichte beträgt 9,12 g/cm^3.



Kurve *a:* NBW 108; Ag 1_8 Kurve *c:* NBW 173; Ag 1_{16}
Kurve *b:* NBW 139; Ag 1_{11} Kurve *d:* Manganin (bei 400°C getempert)

Bild 3. Widerstandstemperaturkurven der NBW-Legierungen in der Umgebung der Raumtemperatur.

Diese Widerstandslegierung verhält sich in elektrischer Beziehung außerordentlich günstig und ist ohne weiteres für eine Verwendung zu Normalwiderständen geeignet; auch die mechanischen Eigenschaften sind günstiger als bei der Legierung NBW 139. Mehrere auf Porzellan gewickelte 1 Ω-Widerstände aus Draht von 0,6 mm Dmr. wurden in der üblichen Weise fertiggestellt. Ein Teil war dreimal je 6 Stunden bei 270° C und der andere bei 400° C getempert. Sie erreichten bereits nach wenigen Wochen zeitlich konstante Widerstandswerte, die Schwankungen innerhalb nur weniger Milliontel zeigten. Die Temperaturkoeffizienten sind außerordentlich klein und betragen etwa 1 Milliontel. Die Abweichungen der Widerstandstemperaturkurve von der geraden Linie sind gerade bei diesem Werkstoff besonders klein (siehe Kurve c in Bild 3). Man kann also auf Grund dieser Untersuchungen die Silberlegierung NBW 173 mit gutem Erfolg zur Herstellung von Normalwiderständen verwenden.

Die Verwendung von Silberlegierungen zu Normalwiderständen bedeutet gegenüber dem Manganin einen wesentlichen Fortschritt, da sich durch geeignete thermische Behandlung erheblich kleinere Temperaturkoeffizienten erzielen lassen. Außerdem haben die Widerstandstemperaturkurven der Silberlegierungen in der Umgebung der Raumtemperatur einen sehr viel flacheren Verlauf als die des Manganins. *Sb.*

VERSCHIEDENES

BEKANNTMACHUNGEN

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker
(Eingetragener Verein)

Fernsprecher: 30 06 31 — Postscheckkonto: Berlin 213 12
Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00
Postscheckkonto der ETZ-Verlag G. m. b. H.: Berlin 223 84

Hochspannungsgeräte

In ETZ 61 (1940) S. 179 war ein Neuentwurf zu

VDE 0670 „Regeln für Wechselstrom-Hochspannungsgeräte"

veröffentlicht worden. Die zu diesem Entwurf eingegangenen Anregungen und Einsprüche sind ordnungsgemäß behandelt worden und haben zu der in ETZ 62 (1941) H. 4, S. 75 veröffentlichten Schlußfassung von VDE 0670 a/XII. 40 geführt, die vom Vorsitzenden des VDE genehmigt und mit Wirkung ab 1. Januar 1942 in Kraft gesetzt wurde.

Sonderdrucke mit der Bezeichnung VDE 0670a/XII.40, die den vollständigen Wortlaut der Änderungen gegenüber der früheren Fassung VDE 0670/1937 enthalten, sind bei der ETZ-Verlag GmbH., Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, zum Preise von RM 0,30 erhältlich.

Schweißanlagen

Der Ausschuß für Schweißanlagen hatte zwei Entwürfe zu

VDE 0540 „Regeln für Gleichstrom-Lichtbogen-Schweißgeneratoren und -umformer" und

VDE 0541 „Regeln für Lichtbogen-Schweißtransformatoren"

in ETZ 61 (1940) H. 43, S. 975 und 977 veröffentlicht. Die hierauf eingegangenen Anregungen und Einsprüche haben nur zu einigen wenigen, im wesentlichen redaktionellen Änderungen gegenüber den Entwurfsfassungen geführt. Diese Änderungen sind in ETZ 62 (1941) H. 4, S. 76 veröffentlicht.

Die sich hiernach ergebenden Schlußfassungen von VDE 0540/XII. 40 und VDE 0541/XII. 40 sind vom Vorsitzenden des VDE im Dezember 1940 genehmigt worden und treten am 1. Februar 1941 in Kraft. Die bisherige Fassung VDE 0540/1931 wird am 31. Januar 1942 ungültig.

Sonderdrucke der beiden genannten Regeln sind zum Preise von je RM 0,20 bei der ETZ-Verlag GmbH., Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, erhältlich.

Errichtungsvorschriften I

Der Ausschuß für Errichtungsvorschriften hat die ab 27. Juni 1940 gültige Fassung von VDE 0100 K „K-Vorschriften nebst Ausführungsregeln für die Errichtung von Starkstromanlagen mit Betriebsspannungen unter 1000 V" und die in ETZ 61 (1940) S. 1160 veröffentlichte 1. Änderung dieser Vorschrift in der Fassung VDE 0100 K/I. 41 vereinigt und Änderungen und Zusätze vorgenommen.

Der Wortlaut dieser Fassung wurde im Januar 1941 vom Vorsitzenden des VDE genehmigt. Sie tritt mit dem Tage der Bekanntmachung in Kraft.

Sonderdrucke mit der Bezeichnung VDE 0100 K/I. 41 sind bei der ETZ-Verlag GmbH. zum Preise von RM 0,10 erhältlich.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
Der Geschäftsführer
Viefhaus

Bezirk Berlin

vormals Elektrotechnischer Verein
(Gegründet 1879)

Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 I, VDE-Haus
Fernsprecher: 30 06 31

Fachversammlung

des Fachgebietes „Funktechnik und Verstärkertechnik"
Leiter: Professor Dr. phil. H. Faßbender VDE.

Vortrag

des Herrn Postrat Dr.-Ing. W. Klein, Berlin, am Dienstag, dem 28. Januar 1941, um 18³⁰ in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Hörsaal HG 25, über das Thema:

„Hochfrequenter Drahtfunk"

Inhaltsangabe:

Hochfrequenter oder niederfrequenter Drahtfunk. Benutzung des Fernsprechnetzes. Frequenzwahl. Netzaufbau. Drahtfunksender. Drahtfunkverstärker. Drahtfunkweichen. Sammelschaltungen.

Eintritt und Kleiderablage frei.

Fachversammlung

des Fachgebietes „Theoretische Elektrotechnik"
Leiter: Direktor Professor K. Küpfmüller VDE.

Vortrag

des Herrn Dr. H. Buchholz, Berlin, am Dienstag, dem 4. Februar 1941, um 18⁰⁰ in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Hörsaal HG 25, über das Thema:

„Hohlleiterkabel"

Eintritt und Kleiderablage frei.

Arbeitsgemeinschaften (Technischer Nachwuchs)

Die Teilnahme ist frei. VDE-Mitgliedschaft ist nicht Bedingung.

Allgemeine Elektrotechnik. Leiter: Dr.-Ing. V. Aigner VDE.
27. Januar 1941, 18⁰⁰, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. „Das Transkommandosystem". Vortragender: Dipl.-Ing. B. Nerlich VDE.

Fernmeldetechnik. Leiter: Obering. Dipl.-Ing. K. Wagner VDE.
28. Januar 1941, 18⁰⁰, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. Vortragsreihe: Fernsprechtechnik. II. Teil: Bauteile „Relais, Nummernschalter, Wecker, Kondensatoren und andere Schaltmittel". Vortragender: Ingenieur U. Kesten VDE.

Elektrizitätswerke. Leiter: Dipl.-Ing. H. Beling VDE.
31. Januar 1941, 18⁰⁰, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. Vortragsreihe: Dampfkraftwerke. „Elektrische Schutzeinrichtungen für Turbogeneratoren". Vortragender: Dipl.-Ing. E. Bopp VDE.

Meßtechnik. Leiter: Dr.-Ing. H. F. Grave VDE.
19. Februar 1941, 18⁰⁰, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. Vortragsreihe: Meßwandler. „Anlegewandler und Meßgeräte". Vortragender: Dr.-Ing. H. F. Grave VDE. **Dieser Vortrag mußte vom 29. Januar auf den 19. Februar verlegt werden.**

Elektromaschinenbau. Leiter: Ingenieur K. Bätz VDE.
20. Februar 1941, 18⁰⁰, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. Vortragsreihe: Sonderfragen des Elektromaschinenbaues. „Fluß, Streuung und Verluste". Vortragender: Dipl.-Ing. W. Nürnberg VDE. **Dieser Vortrag mußte vom 30. Januar auf den 20. Februar verlegt werden.**

VDE Bezirk Berlin
vormals Elektrotechnischer Verein
Der Geschäftsführer
Burghoff

Sitzungskalender

VDE Bezirk Bergisch-Land, Wuppertal-Elberfeld. 27. 1. (Mo): Mitgliederversammlung mit Berichten über den Geschäftsablauf des Jahres 1940. Ort und Zeit werden durch besondere Einladungen bekanntgegeben.

VDE Bezirk Essen (gemeinsam mit dem Haus der Technik). 28. 1. (Di), 17³⁰, Haus der Technik: „Eigenschaften und Verwendungsmöglichkeiten des Selen-Trockengleichrichters". Dr. Hauffe VDE.



VDE Bezirk Nordmark, Kiel. 24. 1. (Fr), 18^{30}, Phys. Institut: „Aufbau und Schutz neuzeitlicher Industrienetze und Industrieschaltanlagen unter Berücksichtigung der Verbundwirtschaft". Obering. Westerhoff VDE.

VDE Bezirk Württemberg, Stuttgart. 29. 1. (Mi), 19^{00}, Technische Werke, Lautenschlagerstr. 21: „Die Fernschreibmaschine als Nachrichten- und Organisationsmittel in der Verwaltung eines industriellen Betriebes" (m. Lichtb.). Dr. Jost.

Berliner Physikalische Gesellschaft und Deutsche Gesellschaft für technische Physik, Berlin. 29. 1. (Mi), I. Phys. Inst. der Universität, anschließend an die um 17^{00} beginnende außerord. Geschäftsversammlung: „Neue experimentelle Arbeiten über die Sekundärelektronenemission aus dem Forschungsinstitut der AEG" (m. einigen Vorführ.). R. Kollath.

Nationalsozialistische Deutsche Arbeiterpartei, Gauleitung Mark Brandenburg, Berlin. Im Rahmen der Gauwoche vom 19.—26. 1. sei auf folgende Vorträge hingewiesen:

23. 1. (Do) in Wittenberge, Gemeinschaftshaus der Singer-Nähmaschinen.
 20^{00} „Schweißtechnik". Reichsbahnrat Stieler.
 20^{45} „Staat, Technick und Wirtschaft" (m. Lichtb.). W. Müller-Neuhaus.

24. 1. (Fr) in Rathenow, Oberschule für Jungen, Schulplatz.
 16^{00} „Die Optik im Dienste des Fortschritts". Dir. Martin.
 16^{45} „Technische Fortschritte bei der Herstellung von Kunstseide und Zellwolle und ihre Verwendung unter bes. Berücks. der technischen Anwendungsgebiete. Dr. Manke.
 18^{00} „Bedeutung der Technik für den Fortschritt der Menschheitsgeschichte". Dr. Kölzow.

24. 1. (Fr) in Guben-Neustadt, Oberschule für Jungen.
 19^{30}, „Kultur und Technik". A. H. Scherer.

25. 1. (Sa) in Potsdam, Restaurant „Alter Fritz".
 15^{30} „Das Elektronenmikroskop". Dr. B. v. Borries.
 16^{15} „Kultur und Technik". A. H. Scherer.

26. 1. (So) in Frankfurt a. O., Hochschule für Lehrerbildung.
 10^{00} „Die Bedeutung der Technik für den Fortschritt dèr Menschheitsgeschichte". Dr. H. Kölzow.
 11^{00} „Leistungsführung im Betrieb". Prof. Dr.-Ing. A. Friedrich.

Reichsstelle für Arbeitsschutz, Berlin. 28. 1. (Di), 16^{00}—17^{45}, Charlottenburg, Fraunhofer Str. 11/12: Beginn des 15. Lehrgangs über „Entstehung und Verhütung von Berufskrankheiten. Teilnehmergebühr für die ganze Vortragsreihe (10 Abende) 7 RM, Einzelvortrag 1,50 RM. Näheres durch die Reichsstelle für Arbeitsschutz, Fraunhofer Str. 11/12. Fernruf: 34 09 36.

PERSÖNLICHES

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten)

C. Meyer. — Der Leiter der Elektrotechnischen Abteilung der Schiffswerft von Blohm & Voß, Hamburg, Herr Oberingenieur C. Meyer VDE, ist mit Ablauf des Jahres 1940 in den Ruhestand getreten. Nach wissenschaftlicher Ausbildung auf der T. H. Hannover und anschließender Tätigkeit bei Schuckert in Nürnberg, Körting in Hannover, auf der Kaiserlichen Werft, Wilhelmshaven, und im Reichsmarineamt übernahm er 1907 die Leitung der Elektrotechnischen Abteilung von Blohm & Voß, die als erste Werft dieser Art dazu übergegangen war, den Entwurf und den Einbau der elektrischen Anlagen für ihre Schiffsneubauten in vollem Umfange selbst auszuführen. Mit Übernahme dieser Aufgabe verwirklichte er die Absichten der Werft und trug dazu bei, daß die Elektrizität für die verschiedensten Gebiete des Bord- und Werftbetriebes ständig zunehmend angewendet wurde. Im Rahmen einer planvollen Tätigkeit hat er auf die Entwicklung und Gestaltung der elektrischen Anlagen auf Handels- und Kriegsschiffen wegweisend einen maßgebenden Einfluß ausgeübt. Seine Patente enthalten eine Reihe grundlegender Gedanken[1]); für die Arbeiten des Handelsschiff-Normen-Ausschusses lieferte er durch seine umfangreichen Erfahrungen wertvolle Beiträge. Ebenso bereicherte Meyer das Fachwissen durch Vorträge und zahlreiche Veröffentlichungen[2]).

1) ETZ 51 (1930) S. 763.
2) ETZ 54 (1933) S. 1010; 56 (1935) S. 809; 59 (1938) S. 947.

Hochschulnachrichten. — Dem außerplanmäßigen Professor Dr. Hubert Cremer ist unter Ernennung zum ordentlichen Professor in der Fakultät für allgemeine Wissenschaften der T. H. Breslau der Lehrstuhl für Mathematik übertragen worden. — Der Dr. phil. habil. Josef Obrist ist unter Zuweisung an die Allgemeine Abteilung der deutschen T. H. Brünn zum Dozenten für das Fach Physik ernannt worden. — Der Dr.-Ing. habil. Otto Zinke VDE ist unter Zuweisung an die Fakultät für Maschinenwesen dei T. H. Berlin zum Dozenten für das Fach Hochfrequenzmeßtechnik und wissenschaftliche Grundlagen der Hochfrequenztechnik ernannt worden.

BUCHBESPRECHUNGEN

DK 621-2

Vorlesungen über Maschinenelemente. Von M. ten Bosch. 2. Aufl. Mit 860 B., IV u. 450 S. im Format 197 × 276 mm. Verlag Julius Springer, Berlin 1940. Preis geb. 39 RM.

Bücher über Maschinenelemente sind verschieden zu beurteilen je nachdem, ob es sich um ein Lehrbuch für Studierende oder um ein Handbuch für praktisch tätige Ingenieure handelt. Im ersten Fall werden die Anfangsgründe z. B. der Werkstoffkunde, Herstellungsverfahren, Betriebsforderungen usw. ausführlich zu behandeln sein, die nach Beendigung des Studiums zur Selbstverständlichkeit geworden sein sollen. Bücher dieser Art gelten daher später erfahrungsgemäß wesentlich nur als totes Gewicht. Die ausgeprägten Handbücher wiederum sind meist so kurz gefaßt, daß sie während des Studiums und vielfach auch noch später als zu knapp empfunden werden.

Nach diesen Gesichtspunkten beurteilt, nimmt das Buch von M. ten Bosch eine ausgezeichnete Stellung ein: Es bringt von den Anfangsgründen noch eben soviel, daß es dem Studierenden als Niederschlag und Ergänzung einer guten Vorlesung über Maschinenelemente warm empfohlen werden kann, gewinnt aber durch Einschränkung in der Darstellung jener späterhin selbstverständlichen Gegenstände so viel Raum, daß es in der Bearbeitung derjenigen höheıen Probleme, die dem Ingenieur in der Praxis, insbesondere dem Konstrukteur, zu schaffen machen, beträchtlich über das hinausgehen kann, was in dieser Richtung üblich ist. Das offenbare Ziel, den Benutzer weiter zu führen und ihm die Mittel zu geben, auch ungewöhnliche Aufgaben erfolgreich anzugreifen, kommt ferner in den jeweils den einzelnen Abschnitten beigefügten Schrifttumsnachweisen zum Ausdruck. Auch hier ist die sorgfältige Auswahl nicht zu verkennen. Schließlich entspricht es ebenfalls dieser Richtlinie, wenn denjenigen Elementen ein größerer Raum eingeräumt wird, die zu einer gewissen Reife gelangt sind.

Bei Neuherausgabe könnte man sich vielleicht Erweiterungen an folgenden Stellen wünschen: bei den Nietungen ein Zahlenbeispiel für die besprochene ungleiche Lastaufteilung auf die einzelnen Niete infolge der elastischen Dehnung der vernieteten Teile; bei den Keilen eine Erweiterung hinsichtlich zulässiger Beanspruchung bzw. Hinweis auf die späteren Abschnitte 31.3 und 31.4; bei den Schweißverbindungen die grundsätzlichen Unterschiede in der Spannungsverteilung zwischen Stumpfnähten, die über die ganze Nahtlänge etwa gleiche Kraft je cm übertragen, und Flankenkehlnähten, bei denen sich die je cm Nahtlänge übertragene Kraft stark ändert; bei den Kupplungen die Bedeutung der Kraftschlüssigkeit bzw. des toten Ganges und der geraden oder krummen Federungskennlinie für das Betriebsverhalten.

Wenn man solche Wünsche überhaupt äußert, geschieht es nicht unter dem Eindruck eines Mangels, sondern nur, weil die großen vorhandenen Vorzüge, wie überall, noch anspruchsvoller machen. Ohne Zweifel handelt es sich um ein Spitzenwerk gleichermaßen hinsichtlich der Auswahl des Stoffes wie seiner Darstellung. K. Schönfelder VDE

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

H. Barthelt, Berlin-Siemensstadt, Harriesstr. 16
Dr.-Ing. W. Estorff VDE, Berlin-Charlottenburg, Niebuhrstr. 61
Dr.-Ing. H. Niesen, Berlin-Friedenau, Jänischallee 2

Abschluß des Heftes: 17. Januar 1941

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE (z. Z. im Felde)
G. H. Winkler VDE (z. Z. im Felde)
H. Hasse VDE und R. Henrichs VDE

Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.



Elektrotechnische Zeitschrift
(Zentralblatt für Elektrotechnik)
Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894
Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.
Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9
62. Jahrgang Berlin, 30. Januar 1941 Heft 5

Vielband-Trägerfrequenz-Fernsprechen über Freileitungen

(Mitteilung aus der Abteilung für Verstärkergerät der Siemens & Halske AG, Berlin)
Von Franz Cornelsen, Berlin

DK 621.395.44+.52

Übersicht. Der große Bedarf an neuen Freileitungsverbindungen über größere Entfernungen kann mit den vorhandenen Trägerfrequenzeinrichtungen nicht mehr überall gedeckt werden. Wenn aus wirtschaftlichen Gründen die Verlegung von Fernkabeln ausscheidet, ist die Einrichtung einer größeren Anzahl von Gesprächen durch die neuen Vielband-Gruppensysteme das wirtschaftlichste Verfahren. Diese Systeme arbeiten in einem höheren Frequenzbereich als die bisher üblichen Trägerfrequenz-Weitverkehrseinrichtungen über Freileitungen. Im ersten Teil des Aufsatzes wird die Entwicklung der Vielband-Gruppeneinrichtungen in Deutschland und den V. S. Amerika beschrieben; die Gründe für die Unterschiede werden angegeben. Im zweiten Teil wird das deutsche MG-15fach-System kurz beschrieben und über Betriebsergebnisse mit einer in Jugoslawien eingerichteten Anlage berichtet.

1. Die Entwicklung in Deutschland und den V. S. Amerika

I. Aufgaben und Systemauswahl des Fernsprech-Fernverkehrs

Die dicht besiedelten Länder Europas sind von einem ziemlich engmaschigen Fernkabelnetz überzogen, dessen weiterer Ausbau gute Fortschritte macht. Ein Blick auf die Karte mit den Fernsprechleitungen Europas zeigt aber, daß z. B. die dünner besiedelten und noch im wirtschaftlichen Aufbau begriffenen Länder des Südostens nahezu ausschließlich ihren Fernsprech-Fernverkehr über Freileitungen abwickeln müssen. Bei einigen ganz wichtigen Strecken, die gewissermaßen das Rückgrat des zwischenstaatlichen Verkehrsnetzes bilden, wird der seit langem geplante Bau von Fernkabeln hoffentlich bald stattfinden. Für andere Fernverbindungen wird man sich jedoch aus wirtschaftlichen Gründen noch auf lange Jahre hinaus mit Freileitungen begnügen müssen.

In vielen Fällen besteht hierbei die Aufgabe, größere und entfernt liegende Städte miteinander zu verbinden, wobei jedoch zwischen diesen Zentren nur verkehrstechnisch unbedeutende Orte liegen. Die vorhandenen Freileitungsgestänge sind zum großen Teil schon stark ausgebaut, das Aufbringen weiterer Leitungen ist oft nicht mehr ohne größere Umarbeiten möglich und in jedem Fall recht kostspielig. Die meisten dieser Trassen sind daher im Laufe der letzten Jahre mit Trägerfrequenzsystemen der bisherigen Bauart belegt worden, d. h. mit Einkanal- und Dreikanalanlagen, deren Wirtschaftlichkeit ohnehin besser ist als der Neubau der Leitungen [1] [2]*). Die Parallelarbeit von mehreren Trägerfrequenzsystemen auf demselben Gestänge wird jedoch um so schwieriger, je höher die Frequenzen liegen, mit denen sie arbeiten. Selbst auf früher gebauten Leitungen kann man unter günstigen Verhältnissen immerhin noch mehrere Einkanalsysteme betreiben, weil sie mit einer verhältnismäßig niedrigen Frequenz von < 10 kHz arbeiten. Die Parallelarbeit von mehr als zwei Dreikanalsystemen (bis 30 oder 40 kHz) ist infolge der größeren magnetischen Kopplungen nur in Ausnahmefällen möglich, wenn man nicht umfangreiche Veränderungen am Gestänge vornehmen will. Nur auf neuen Gestängen in Sonderausführung kann man eine beliebige Zahl von Dreikanalsystemen parallel betreiben. Diese Art der Technik ist jedoch aus Gründen der Wirtschaftlichkeit ohne große Bedeutung geblieben.

Der Gedanke, auch die höheren Frequenzen für zusätzliche Fernsprechverbindungen über bestehende Freileitungen zu benutzen, ist keineswegs neu. Schon seit vielen Jahren benutzt man diesen Frequenzbereich für den Fernsprechverkehr zwischen Kraft- und Umspannwerken über die Hochspannungsleitungen bei der EW-Telephonie. Allerdings haben Hochspannungsleitungen nach den Begriffen des Fernmeldetechnikers recht beträchtliche Querschnitte. Ein für Fernsprech-Freileitungen üblicher Durchmesser ist z. B. 3 mm; der Querschnitt beträgt also 7 mm², während Hochspannungsleitungen mit dem zehnfachen Querschnitt, d. h. 70 mm², noch nicht als ungewöhnlich stark anzusprechen sind. In den Netzen der Post- und Eisenbahnverwaltungen mit verhältnismäßig dünnen Leiterquerschnitten und somit großen Dämpfungen hat man lange Zeit den Frequenzbereich oberhalb von etwa 40 kHz nicht ausgenutzt, bis das wachsende Bedürfnis an zusätzlichen Fernsprechverbindungen dazu führte. Bei der Planung des MG-Systems wurde etwa 160 kHz (1900 m) als obere Grenze angesehen, da darüber störende Langwellen-Rundfunksender liegen. In Ländern, in denen der HF-Drahtfunk eine große Rolle spielen wird, dürfte mit einer Herabsetzung der oberen Grenze zu rechnen sein. Außerdem würde beim Verwenden von Frequenzen über 150 kHz infolge der mit der Frequenz wachsenden Leitungsdämpfung der Abstand der Verstärkerämter sehr gering werden. Die ersten Systeme, die für den Frequenzbereich über 40 kHz entwickelt wurden, z. B. das MK-System, werden für verhältnismäßig kleine Reichweiten gebaut; sie haben einfachen Aufbau und werden meist für den Fernsprech-Zubringerdienst gebraucht. Bei diesen kleineren Systemen werden zwar mehrere zusätzliche Gespräche geschaffen, beim MK-System z. B. fünf je Doppelleitung bzw. zehn auf zwei Doppelleitungen; trotzdem arbeitet jedes Gespräch für sich und ist unabhängig vom Nachbargespräch, so daß man nacheinander ein Gespräch nach dem anderen neu beschaffen kann [4]. Anderseits wird dadurch der Betrieb auf größere Entfernungen unwirtschaftlich, weil sich die Verwendung von Zwischenverstärkern nicht recht lohnt. Man braucht

*) Die Zahlen in eckigen Klammern [ ] beziehen sich auf das Schrifttumsverzeichnis am Schluß der Arbeit.

für jedes Gespräch einen besonderen Verstärker, vor allem aber besondere Trennfilter, die in diesem höheren Frequenzbereich einen gewissen Aufwand erfordern, wenn man die Sprachbänder eng aneinanderreihen will. Darum arbeitet das MK-Gerät ohne Zwischenverstärker. Für größere Entfernungen mit mehreren Zwischenverstärkern ist deshalb das Gruppensystem vorteilhafter, bei dem alle Gespräche gemeinsam verstärkt werden.

II. Voraussetzungen für die Entwicklung der Vielbandeinrichtungen über Freileitungen

Die Erkenntnis, daß Gruppen-Vielbandsysteme die wirtschaftlichste Lösung für die Schaffung vieler Verbindungen über lange Freileitungen seien, ist schon viele Jahre alt. Man hätte sie schon früher verwirklicht, wenn die Voraussetzungen dafür vorhanden gewesen wären. In Europa konnten die Dreikanalsysteme bislang den steigenden Bedarf an zusätzlichen Gesprächsmöglichkeiten decken, sofern man nicht Kabel verlegte. Erst jetzt ist der Zeitpunkt gekommen, wo eine größere Zahl von Gestängen mit Trägerfrequenzeinrichtungen im Bereich bis 30 kHz gewissermaßen gesättigt ist, und neue Wege notwendig werden.

a. Die technischen Voraussetzungen

In den V. S. Amerika ist man trotz des großen Bedarfs an Fernsprechkanälen zu einer Zwischenlösung des Neubaus von neuen Sondergestängen für die Aufnahme vieler Dreikanalsysteme gekommen. Offenbar hat auch dort erst die Schaffung der neuen Trägerfrequenz-Einrichtungen für Kabel den Anstoß zur Verwirklichung lange erwogener Pläne geführt. Die Einrichtungen für Zwölffachausnutzung unbelasteter Kabel und die sogenannten Breitbandsysteme über Kabel mit besonderen Isolierstoffen für die Übertragung sehr vieler Gespräche und eines Fernsehprogramms wurden in Deutschland [5] und den V. S. Amerika [12] gleichzeitig entwickelt.

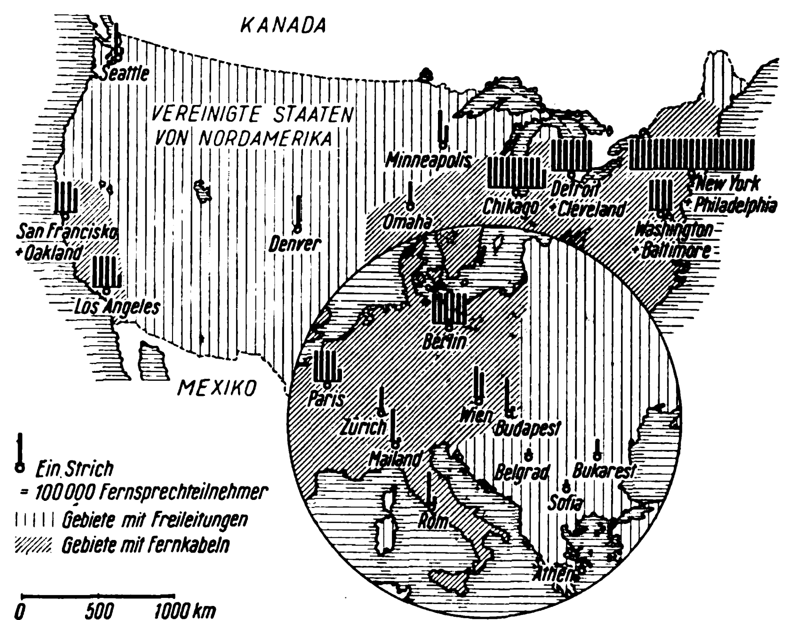


Bild 1. Gegenüberstellung der Erdteile Nordamerika und Mitteleuropa in gleichem Maßstab. Zahlenvergleich der Fernsprechteilnehmer: 3 Städte in Kalifornien haben fast 10mal so viel Fernsprechteilnehmer wie die 4 Hauptstädte des europäischen Südostens. Die schraffierten Flächen deuten Ausdehnung der Fernkabelnetze an.

Es war möglich, viele Erkenntnisse und eine Reihe von Bauelementen der Kabelgeräte für die Freileitungssysteme zu benutzen. Nur so ist es erklärlich, daß die ersten Vielbandeinrichtungen für Freileitungen diesseits und jenseits des Ozeans fast gleichzeitig eingerichtet wurden, obwohl der Bedarf dafür in den V. S. Amerika ebenso wie früher bei den Dreikanaleinrichtungen seit längerer Zeit bestand als in Europa. Daher ist es von Interesse, festzustellen, in welchen wichtigen Punkten die Aufgabenstellung für Vielbandfernsprech-Einrichtungen über Kabel und Freileitungen gleich war. Diese sind:

1. Höchste Ausnutzung des zur Verfügung stehenden Frequenzbandes, d. h. engste Aneinanderreihung der einzelnen, frequenzmäßig übereinanderliegenden Gespräche, also möglichst schmale Lücken zwischen den einzelnen Gesprächen einer Gruppe.

2. Möglichst geringe nichtlineare Verzerrung in den Übertragungselementen, d. h. vor allem hohe Linearität der für alle Gespräche gemeinsamen Gruppenverstärker.

3. Hohe Konstanz der Generatoren für die Trägerstromerzeugung, weil in beiden Fällen die Trägerfrequenz bei der Frequenzumsetzung (Modulation) unterdrückt und erst im fernen Amt neu erzeugt und hinzugefügt wird. Diese Forderung ist z. B. wichtig für die Übertragung von Wechselstromtelegraphie (WT) über einen der Fernsprechkanäle.

4. Günstige elektrische Eigenschaften der Frequenzumsetzer (Modulatoren) bei hohen Frequenzen.

Auch die Verbesserungen anderer Bauelemente, wie z. B. der Sprachbegrenzer [6], oder die Entwicklung räumlich kleiner Einzelteile [7] [8] zur Platzersparnis waren für die Freileitungssysteme von Bedeutung, wenn auch nicht immer in demselben Maße wie für die Kabeleinrichtungen.

Es wird später noch deutlich, wie gewisse grundsätzliche Unterschiede der deutschen und amerikanischen Trägerfrequenz-Kabeleinrichtung auch bei den Freileitungssystemen wiederzufinden sind. Vorher soll aber angegeben werden, daß auch noch andere Ursachen von außen her auf die Entwicklung eingewirkt haben, nämlich die Unterschiede der geographischen und verkehrswirtschaftlichen Voraussetzungen.

b. Die verkehrspolitischen Voraussetzungen

Ein roher Vergleich ist in Bild 1 durchgeführt, der jedoch für unsere Betrachtung genügt. In gleichem Maßstab ist die räumliche Ausdehnung der beiden Erdteile im Ausschnitt gegenübergestellt, dazu die Zahl der Fernsprechteilnehmer in einigen wichtigen Städten. Auf die Darstellung der anderen meist weniger wichtigen Städte, der Netzgruppen, der Zahl der Ferngespräche usw. konnte zugunsten der Übersichtlichkeit verzichtet werden, da es sich nur darum handelt, die Größenverhältnisse zu vergleichen.

In den V. S. Amerika handelte es sich vor allen Dingen darum, die großen Wirtschaftszentren des Ostens und des Westens miteinander zu verbinden, d. h. eine recht große Zahl neuer Verbindungskanäle zwischen dem atlantischen und kalifornischen Kabelnetz zu bekommen. Es handelt sich um Gebiete mit hohen Bevölkerungszahlen und großer wirtschaftlicher Bedeutung. Kalifornien hat in den letzten Jahren zu den älteren Industriezweigen, z. B. der Filmerzeugung, Erdölbohrung und Konservenherstellung einen großzügigen Ausbau neuer Industrien erfahren, z. B. der Rüstungsbetriebe und der Metallindustrien, letztere in Verbindung mit neuen Großkraftwerken. Seine Bedeutung als landwirtschaftliches Überschußgebiet an Obst und Wein hat es behalten.

Nicht minder wichtig ist für die Dichte des Fernsprechverkehrs, daß es sich um Teile desselben Staates handelt, in denen die gleiche Sprache gesprochen wird. Daher sind die neu zu schaffenden Gesprächsbündel sehr groß. Trotzdem erschien die Verlegung eines durchgehenden Erdkabels offenbar so teuer, daß man für die Überbrückung eines Abschnittes von etwa 1500 km Länge an die Einführung von Vielband-Trägerfrequenzsystemen

über Freileitungen heranging. Die Aufgabe in den V. S. Amerika bestand also darin, sehr viele, d. h. 100 bis 200 Gespräche, über ein sehr langes Freileitungsgestänge zu bringen.

Anders liegen die Verhältnisse in unserem Erdteil mit seinen vielen, verhältnismäßig kleinräumigen Staaten und der Vielzahl der Sprachen, wodurch es ohnehin zu einer Verminderung des weiträumigen Gesprächsaustausches kommt. In den stark industrialisierten Ländern, wie Deutschland, England, Frankreich und Italien, ist dafür der innerstaatliche Verkehr bei ziemlich kleinen Entfernungen so stark, daß ein engmaschiges Kabelnetz selbstverständliche Tatsache wurde. In den dünner besiedelten Ländern, z. B. dem europäischen Osten und Südosten, ist jedoch die wirtschaftliche Bedeutung der Provinz nicht groß genug. Auch die im Vergleich zum innerstaatlichen Verkehr wichtige Schaffung zwischenstaatlicher Verbindungen ist nicht immer dringlich genug gewesen, um angesichts der allgemeinen finanziellen Anspannung die Verlegung von Fernkabeln zu erzwingen, so wünschenswert auch Kabelverbindungen mit ihren Vorteilen gegenüber Freileitungen sind. Die zu überbrückenden Entfernungen sind wesentlich geringer als in den V. S. Amerika, wenn man z. B. an die Verbindung der beiden wichtigsten Städte eines Landes denkt, wie zwischen Belgrad - Zagreb, Athen – Thessaloniki, Ankara – Istanbul. Außerdem muß für Europa gefordert werden, daß man die vorhandenen Freileitungsgestänge weiterbenutzt, da die Zahl der neu einzurichtenden Gespräche nicht groß genug ist, um den Bau eines ganz neuen Freileitungsgestänges wirtschaftlich zu rechtfertigen. Für die wichtigsten Strecken hofft man jedoch, daß die langgeplante Verlegung von Fernkabeln in absehbarer Zeit vorgenommen wird.

Also ist die Aufgabenstellung für die Fernsprech-Vielbandeinrichtungen über Freileitungen infolge der Unterschiede der kontinentalen Gliederung verschieden. In den folgenden Abschnitten wird an einigen wichtigen Merkmalen gezeigt, wie sich die verschiedenartigen Vorbedingungen — Vielbandkabeltechnik und Landesstruktur — auf die Ausführung der Vielbandeinrichtungen über Freileitungen praktisch ausgewirkt haben.

III. Die Technik des Vielband-Trägerfrequenz-Fernsprechens über Freileitungen in den V. S. Amerika und in Europa

a. Leitungsbau in den V. S. Amerika [9], [10]

Auf den Gestängen, wie sie in den V. S. Amerika und bei uns bisher üblich waren, kann man nur ein einziges System im Bereich bis 150 kHz arbeiten lassen, nicht mehrere Systeme parallel. Unter der Annahme eines zur Verfügung stehenden Frequenzbereichs von 45 bis 150 kHz, d. h. einer Breite von 105 kHz lassen sich auch bei Verwendung von Filtern höchster Trennschärfe nicht mehr als etwa 15 Gespräche unterbringen. Unter Zugrundelegung eines Abstandes der Trägerfrequenzen von 3 kHz für die einzelnen Gespräche braucht man für jede Gruppe ein Band von $3 \times 15 = 45$ kHz, für Hin- und Rückrichtung also $2 \times 45 = 90$ kHz, während der Rest für die Trennung der beiden Richtungen gebraucht wird. Man sieht schon bei dieser rohen Rechnung, daß für den amerikanischen Bedarf mit der Einrichtung eines einzigen derartigen Systems nicht viel gewonnen wäre. Statt dessen braucht man vor allem für die transkontinentalen Verbindungen Bündel von 100 bis 200 Gesprächen. Man mußte daher dort ganz neue Gestänge bauen oder bestehende Gestänge völlig umbauen. Nur so kann die für den Parallelbetrieb mehrerer Systeme notwendige Nebensprechdämpfung erzielt werden. Außerdem mußte bei den sehr großen Entfernungen auf möglichst geringe Dämpfungsverzerrung durch die Leitung größter Wert gelegt werden.

In Anbetracht der großen Entfernungen auf dem nordamerikanischen Kontinent und der streckenweise nur dünn besiedelten Gegenden ist es besonders wichtig, mit möglichst wenig Zwischenverstärkern auszukommen. Die eine der Möglichkeiten hierfür, die Erhöhung des Sendepegels, ist aus verschiedenen technischen und wirtschaftlichen Gründen nur in engen Grenzen möglich. Man muß daher anstreben, mit einem möglichst geringen Empfangspegel auszukommen. Hierbei liegt die Schwierigkeit nicht etwa im Bau von Verstärkern hinreichend großer Verstärkungsziffern, sondern darin, daß hinreichend großer Abstand vom Störpegel auf der Leitung gewahrt bleibt. Es ist also die Aufgabe des Leitungsbauers, den Störpegel entsprechend weit hinunterzudrücken und für besonders hohe Erdsymmetrie der Leitungen zu sorgen.

Ferner bringen große Verstärkerfeldlängen die Schwierigkeit mit sich, daß der Pegelunterschied zwischen Eingang und Ausgang der Zwischenverstärker beträchtlich ist und daher die Gefahr eines Rückflusses vom Verstärkerausgang auf den Eingang größer wird. So besteht die Möglichkeit von Rückkopplungsverzerrungen oder gar Pfeifgefahr. Daher sind ganz besondere Anforderungen an die Genauigkeit beim Bau der neuen Gestänge für den Parallelbetrieb von Vielbandsystemen zu stellen. So muß vor allem der Durchhang in engen Grenzen gehalten werden. Die Abstände der Leiter eines Paares sind mit etwa 20 cm enger, der Abstand zwischen den Paaren in senkrechter und waagerechter Richtung ist mit 90 bzw. 85 cm von Mitte zu Mitte wesentlich größer als bei der früheren Bauart, damit die Kopplungen zwischen den Paaren hinreichend klein bleiben. Eine weitere Verbesserung der Nebensprechdämpfung wird durch häufige Kreuzungen erreicht, die zum Teil an jedem zweiten Mast, also etwa alle 100 m, vorgenommen werden. Dabei ist zu beachten, daß die Mastabstände nur wenig voneinander abweichen dürfen. Durch die häufigen Kreuzungen wird das Auftreten von Absorptionsspitzen mit unregelmäßigem Dämpfungsverlauf im benutzten Frequenzbereich ohnehin vermieden.

Um die gefährlichen Rückkopplungen an den Zwischenämtern zu vermeiden, d. h. einer Rückwirkung des Verstärkerausganges auf den Eingang über dritte Leitungen vorzubeugen, werden in den V. S. Amerika sämtliche Leiter des Gestänges über Kabel in das Verstärkerhäuschen eingeführt. In den Zwischenämtern durchlaufende Leitungen, über die also keine Vielbandsysteme arbeiten, werden durch Tiefpässe abgeriegelt, so daß für die Hochfrequenz der Rückkopplungsweg versperrt ist.

b. Leitungsbau in Europa

Die Forderung besteht in fast allen Fällen darin, nur ein einziges neues Vielbandsystem über das Gestänge zu betreiben, da der Bedarf an Gesprächen wesentlich geringer ist als in den V. S. Amerika. Nun macht der Parallelbetrieb mehrerer Vielbandeinrichtungen für die Planung des Systems selbst keine besonderen Schwierigkeiten, wenn neue Gestänge mit entsprechenden Leiterabständen und Kreuzungen gebaut werden können. Die Schwierigkeit liegt bei der Einrichtung nur eines Systems vielmehr darin, daß an der Leitung nichts oder möglichst wenig geändert werden soll, da ein beträchtlicher Umbau oder gar ein Neubau ausscheidet. Die in Betracht kommenden Gestänge sind häufig recht alt und im höheren Frequenzbereich ist die Nebensprechdämpfung zwischen den Paaren oft sehr gering. Obwohl man nur ein System betreiben will, ist dieses starke Übersprechen gefährlich, und zwar wegen der Dämpfungsverzerrungen durch Absorption und wegen der schon besprochenen Rückkopplungsgefahr an den Verstärkerpunkten. Da die Nebensprechdämpfung gering ist, kann vom Verstärkerausgang über dritte Leitungen eine verzerrende Wirkung auf den Verstärkereingang ausgeübt werden. Die Verwendung von Sperrdrosseln zur Abriegelung solcher dritten, in den Zwischenämtern durchgehenden Leitungen erschien nicht besonders wünschenswert; sie sind gegen atmosphärische Entladungen nicht unempfindlich, müssen daher abgesichert werden. Vor allem sind sie nur dann hinreichend

wirksam, wenn, wie in Amerika, alle Doppelleitungen des Gestänges über Kabel in das Zwischenamt eingeführt werden. Das sollte bei uns vermieden werden. Während man in den V. S. Amerika meist neue Verstärkerhäuschen unmittelbar an das neue Gestänge baut, möchte man in Europa einen solchen Neubau wegen der Baukosten, vor allem wegen der Überwachung, möglichst vermeiden. Stattdessen möchte man den Verstärker meist in dem örtlichen Postamt unterbringen, das jedoch auch in kleineren Städten häufig vom Hauptgestänge entfernt liegt, da dieses der Bahn entlang verläuft, ohne in den Ort eingeführt zu werden.

Diese Forderungen werden von dem sogenannten Mehrfach-Gruppensystem, MG-15fach-System, erfüllt [11]. In die Leitungen brauchen im allgemeinen keine besonderen Vorrichtungen eingebaut zu werden. Durch eine besondere Schaltung im System selbst werden die Anforderungen an die Nebensprechdämpfung der Leitungen beträchtlich herabgesetzt: In jedem Zwischenamt werden die Gruppen durch Frequenzumsetzung gegeneinander vertauscht. Eine ankommende untere Gruppe für 48 bis 93 kHz verläßt das Zwischenamt als obere Gruppe mit 111 bis 156 kHz und umgekehrt. Das bedeutet, daß jedes Zwischenamt von beiden Richtungen immer nur die obere oder die untere Gruppe empfängt und dementsprechend die untere oder obere Gruppe nach beiden Seiten hin sendet. Eine Rückkopplung des Verstärkers ist infolge dieser Frequenzumsetzung praktisch unmöglich geworden, da der Rückkopplungsweg durch die hohe Sperrdämpfung der Filter praktisch unterbrochen wird. Der Aufwand für die Gruppenvertauschung ist gering: Der gleiche Trägergenerator für 204 kHz wird für die Umsetzung in beiden Richtungen benutzt. Bei der hohen Vervollkommnung der Ringmodulatoren bedeutet diese gewissermaßen überzählige Frequenzumsetzung keine merkbare Minderung der Klirrdämpfung.

Mit Hilfe dieses Kunstgriffes ist es bisher fast immer möglich gewesen, auf besondere Veränderungen des Gestänges ganz zu verzichten. Nur wenn die Kreuzungen aller Doppelleitungen eines Gestänges so ungünstig sind, daß die Absorptionsspitzen zu unzulässigen Verzerrungen der Restdämpfung führen, müssen entweder einige Kreuzungen entfernt oder einige zusätzliche Kreuzungen neu vorgenommen werden. Häufig gleichen sich jedoch kleinere Dämpfungsverzerrungen der verschiedenen Verstärkerabschnitte gegeneinander aus, vor allem bei älteren Gestängen mit nicht so genauer Bauausführung. So ist nicht selten die Gesamtdämpfung einer Hochfrequenzgruppe besser als der ungünstigste Teilabschnitt. Außerdem bewirkt die Frequenzumsetzung in den Zwischenämtern einen gewissen Ausgleich, da jede Gruppe einer Richtung abwechselnd im unteren und dann wieder im oberen Bereich übertragen wird. Auch eine im Hochfrequenz-Übertragungsbereich ziemlich unregelmäßig aussehende Dämpfungskurve der Leitung wirkt sich im einzelnen Gesprächskanal nicht so stark aus: Die Bandbreite des einzelnen Kanals von 200 bis 2700 = 2500 Hz ist weniger als der vierzigste Teil des Hochfrequenzbereiches (48 bis 156 kHz). Endlich kann das einzelne Gespräch nach der Demodulation ziemlich weitgehend entzerrt werden, so daß die Restdämpfungskurven trotz mancher Absorptionserscheinungen der Leitungen erstaunlich gut aussehen, wie später gezeigt wird. Auch in solchen Fällen, wo mehrere MG-Systeme über neue Gestänge in Sonderausführung parallel arbeiten sollen, bietet die Frequenzumsetzung Vorteile, weil infolge der Sperrung der Rückflüsse auf die Verstärkereingänge die Rückkopplungsgefahr geringer wird, ebenso das Nebensprechen.

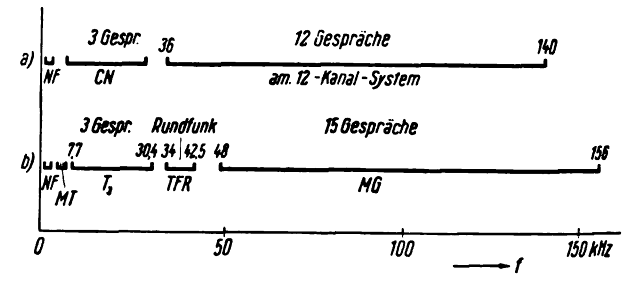
c. Abstand der Trägerfrequenzen

Wie eingangs erwähnt wurde, war man bemüht, die Entwicklung der Trägerfrequenz-Kabelsysteme für die Freileitungssysteme mitzubenutzen. In den V. S. Amerika hat man sich sowohl für das System über unbelastete Kabel (Zwölfkanalsystem) als auch über Koaxialkabel für einen Abstand der Trägerfrequenzen von 4 kHz entschieden. In Deutschland wird das für einen Teil des zwischenstaatlichen Verkehrs wichtige Zwölfkanalsystem über unbelastete Kabel (U-System) ebenfalls mit dem 4 kHz-Abstand der Nullfrequenzen gebaut. Das vorwiegend dem innerstaatlichen Verkehr dienende Breitbandsystem arbeitet jedoch mit einem 3 kHz-Abstand.

In Deutschland hatte man daher für das Freileitungssystem freie Wahl. Man hat das 3 kHz-System vorgezogen, um 25 % mehr zusätzliche Gespräche schaffen zu können, zumal sich die Banderweiterung erst später nach entsprechender Verbesserung aller übrigen Übertragungselemente der Gesamtverbindung merklich auswirken wird [14]. In den V. S. Amerika werden über Freileitungen wie über die unbelasteten Kabel nur je zwölf Kanäle übertragen, die aus denselben Grundgruppen gebildet werden. Eine gewisse Rolle mag mitgespielt haben, daß die in Amerika angewandte Technik der Kristallfilter in den Frequenzumsetzern der einzelnen Kanäle nur dann wirtschaftlich ist, wenn man ziemlich große Stückzahlen fertigt, so daß wahrscheinlich eine Sonderentwicklung nicht recht lohnend erscheint. Bei dem neuesten Dreikanalsystem über Freileitungen bleibt man in den V. S. Amerika jedoch bei einem geringeren Trägerabstand von etwa 3 kHz [15].

d. Frequenzanordnung auf der Leitung (Bild 2)

In verschiedenen europäischen Ländern sind Trägerfrequenz-Einrichtungen für drei und vier Kanäle im Betrieb, deren Übertragungsbereich bis etwa 40 kHz geht.



a Beispiel für amerikanisches Gestänge: 1 + 3 + 12 = 16 Gespräche auf einer Doppelleitung, *b* Beispiel für europäisches Gestänge: 1 + 3 + 15 = 19 Gespräche auf einer Doppelleitung, dazu Möglichkeit einer Trägerfrequenz-Rundfunkübertragung.

Bild 2. Beispiele für Frequenzanordnungen von Trägerfrequenzsystemen über Freileitungen.

Auf anderen Gestängen arbeiten trägerfrequente Rundfunk-Übertragungssysteme zur Verbindung zwischen Rundfunksendern, für weitere Gestänge sind solche Programmübertragungen geplant. Dieses Rundfunksystem arbeitet im Frequenzbereich von 34 bis 42,5 kHz [16]. Da man bei Rundfunkübertragungen besonders hohe Anforderungen an die Störungsfreiheit stellt, darf im Übertragungsbereich kein anderes Trägerfrequenzsystem parallel arbeiten.

Aus diesen Gründen beginnt das MG-System bei 48 Hz und arbeitet im Bereich bis 156 kHz, weil die obere Grenze mit Rücksicht auf die Störmöglichkeit durch Rundfunksender bei etwa 160 kHz (1900 m) liegt. In Ländern, wo der Hochfrequenz-Drahtfunk [17] in besonders großem Umfang angewendet werden soll, muß man bei den Vielband-Fernsprecheinrichtungen über Freileitungen u. U. noch unter diese Höchstgrenze heruntergehen, allerdings nur in solchen Fällen, wo der HF-Drahtfunk in entsprechend tieferen Frequenzbereichen arbeiten soll [3]. In den V. S. Amerika wird bei den Freileitungs-Trägerfrequenzeinrichtungen bisher nur der Frequenzbereich bis etwa 30 kHz ausgenutzt. Daher beginnt dort das Vielbandsystem schon bei 36 kHz und arbeitet im Bereich bis 140 kHz [10], [13], [15].

Die übrigen Unterschiede der deutschen und amerikanischen Technik sind nur für den Spezialisten von Interesse. Die meisten technischen Einzelheiten und Verbesserungen, wie gegengekoppelte Verstärker, selbsttätige Pegelregelung, Sprachbegrenzer, hochkonstante quarzgesteuerte Generatoren, Filter mit verhältnismäßig kleinen Abmessungen u. dgl., sind bei uns wie drüben in ähnlicher Weise zu finden. Die Ausnutzung des Frequenzbandes ist bei Systemen mit Vormodulation und Kristallfiltern gleich gut: Beim amerikanischen System wird bei einem Trägerabstand von 4000 Hz ein Band von 200 bis 3500 Hz mit ganz geringer Dämpfungsverzerrung übertragen. Die Ausnutzung ist dabei 3300 : 4000 = 82,5 %. Beim MG-System wird bei einem Trägerabstand von 3000 Hz ein Band von 200 bis 2700 Hz übertragen, so daß die Ausnutzung entsprechend 2500 : 3000 = 83,5 % praktisch dieselbe ist wie bei der Kristallfiltertechnik.

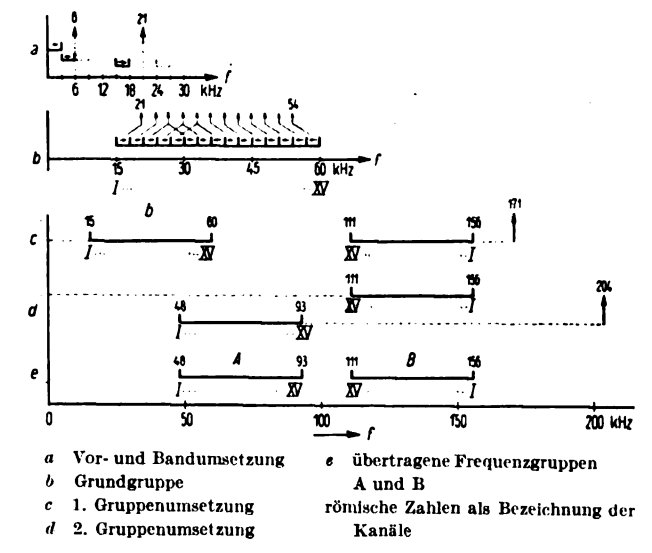
Nicht Verschiedenheit im Entwicklungszustand der Technik, sondern Verschiedenheit im Landes- und Wirtschaftsaufbau führten zu dem Unterschied in der Technik diesseits und jenseits des Ozeans.

2. Das MG-System

I. Kurze Beschreibung der Wirkungsweise des MG-Systems

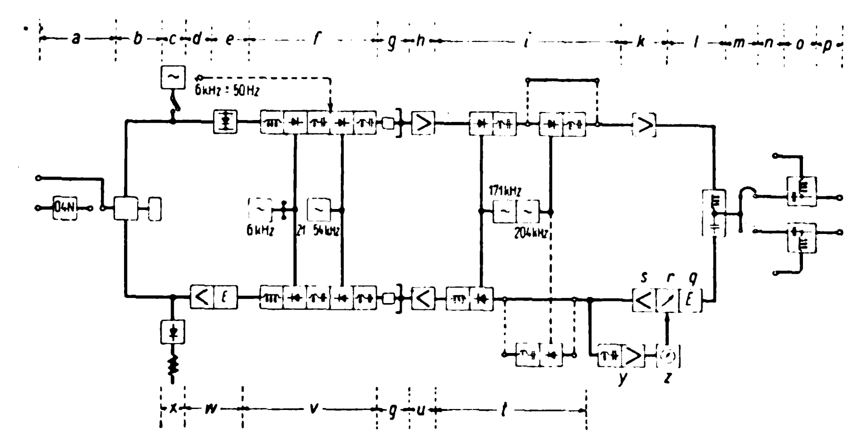
Über die technischen Einzelheiten des MG-Systems ist in früheren Veröffentlichungen eingehend berichtet worden [11]. Daher sei hier nur das Wesentlichste, die Frequenzumsetzung, kurz beschrieben und der grundsätzliche Stromlauf sowie Ansicht des Endamtes im Bilde gebracht. Beim MG-System werden alle 15 Gespräche einer Übertragungsrichtung zu einer Gruppe vereinigt, um den Kostenaufwand für den Hochfrequenzteil, d. h. Verstärker, Filter, Pegelregulierung usw., gering zu halten. Man benötigt also diese Geräte nur einmal je Richtung für alle 15 Kanäle gemeinsam. Die Bandbreite für die Gruppe jeder Richtung beträgt 15 × 3 = 45 kHz. Aus den im vorigen Abschnitt beschriebenen Gründen beginnt die untere Gruppe (A) mit 48 kHz, liegt also im Bereich von 48 bis 93 kHz, während die obere Gruppe (B) im Bereich von 111 bis 156 kHz arbeitet.

Die Verlagerung der einzelnen Gespräche in die jeweilige Endlage geschieht aus fabrikationstechnischen Gründen nicht direkt, sondern in mehreren Stufen. Für beide Übertragungsrichtungen wird die gleiche Grundgruppe (Bild 3) von 15 bis 60 kHz gebildet, was den großen Vorteil hat, daß man für Modulation und Demodulation der Einzelkanäle die gleichen Bauelemente benutzen kann; außerdem wird die gleiche Trägerfrequenz für die Frequenzumsetzung in beiden Richtungen benutzt. Endlich ist, wie bereits erwähnt, ein großer Teil der Bau-



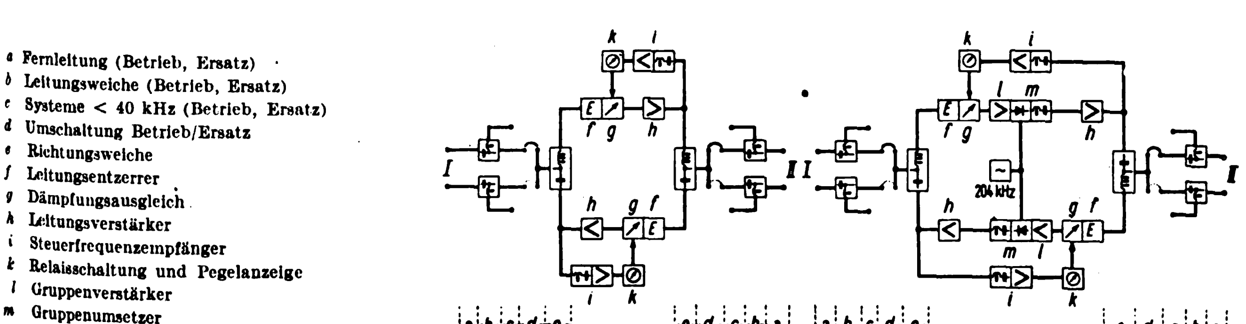
a Vor- und Bandumsetzung
b Grundgruppe
c 1. Gruppenumsetzung
d 2. Gruppenumsetzung
e übertragene Frequenzgruppen A und B
römische Zahlen als Bezeichnung der Kanäle

Bild 3. Frequenzschema des Systems MG 15/3.



a Fernplatz (Vermittlung)
b Gabel mit Nachbildung
c Tonfrequenz-Ruf, Sendeteil
d Sendeteil der Pegelregulierung (in einem Kanal)
e Amplitudenbegrenzer
f Frequenzumsetzer, Sendeteil
g Entkoppler
h Sende-Gruppenverstärker
i Sende-Gruppenumsetzer für Endamt A bzw. Endamt B
k Sendeverstärker
l Richtungsweiche
m Umschaltung Betrieb/Ersatz
n Systeme < 40 kHz (Betrieb, Ersatz)
o Leitungsweiche (Betrieb, Ersatz)
p Fernleitung (Betrieb, Ersatz)
q Leitungsentzerrer
r Dämpfungsausgleich
s Empfangsverstärker
t Empfangs-Gruppenumsetzer für Endamt A bzw. Endamt B
u Empfangs-Gruppenverstärker
v Frequenzumsetzer, Empfangsteil
w Niederfrequenzverstärker mit Entzerrer
x Tonfrequenzruf, Empfangsteil
y Steuerfrequenzempfänger
z Relaisschaltung und Pegelanzeige

Bild 4. Grundsätzlicher Stromlauf des Endamtes vom MG-System.



a Fernleitung (Betrieb, Ersatz)
b Leitungsweiche (Betrieb, Ersatz)
c Systeme < 40 kHz (Betrieb, Ersatz)
d Umschaltung Betrieb/Ersatz
e Richtungsweiche
f Leitungsentzerrer
g Dämpfungsausgleich
h Leitungsverstärker
i Steuerfrequenzempfänger
k Relaisschaltung und Pegelanzeige
l Gruppenverstärker
m Gruppenumsetzer

Bild 5. Grundsätzlicher Stromlauf des Zwischenverstärkers vom MG-System, links ohne Frequenzumsetzung, rechts mit Frequenzumsetzung.

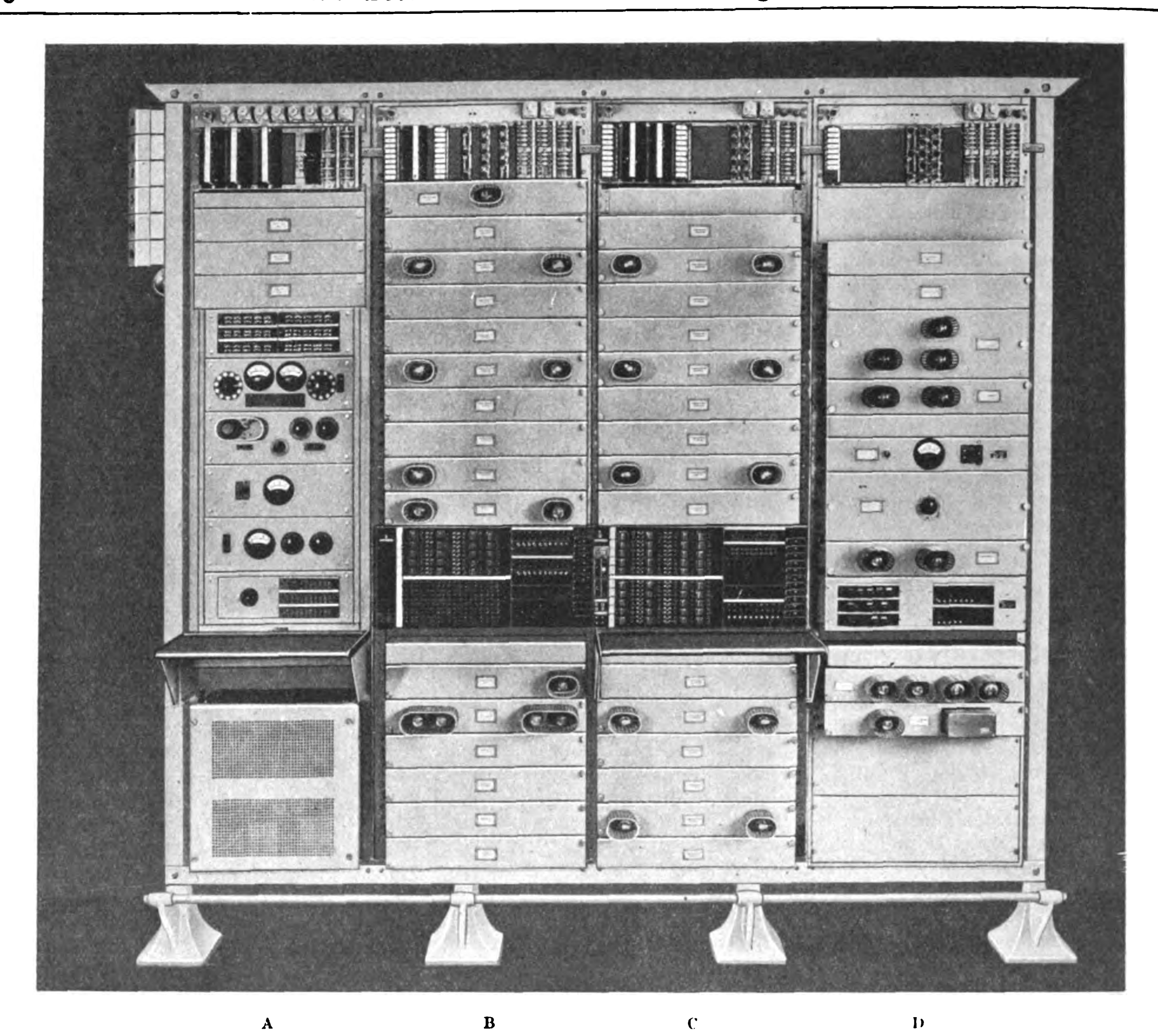


Bild 6. MG-Endamt mit den 4 Gestellen A bis D. Erläuterungen im Text.

elemente aus der Trägerfrequenz-Kabeltechnik (B-System, Breitbandsystem) ohnehin vorhanden. Die enge Aneinanderreihung geschieht mit Hilfe der Vormodulation: Jedes der 15 Gespräche wird zuerst mit 6 kHz moduliert und nur durch das untere Seitenband mit 3 bis 6 kHz weiter benutzt, während das andere Seitenband durch das Filter abgeschnitten wird. Der Träger wird im Ringmodulator unterdrückt. Bei der zweiten Frequenzumsetzung, bei der das einzelne Band in die Grundgruppe von 15 bis 60 kHz verlagert wird, hat man durch die Vormodulation den großen Vorteil, daß die nunmehr entstehenden beiden Seitenbänder einen Abstand von $2 \times 3 = 6$ kHz haben. Wenn z. B. die Trägerfrequenz 42 kHz beträgt, entstehen zwei Seitenbänder von 36 bis 39 und 45 bis 48 kHz, deren Trennung durch einfache Filter möglich ist. Die Grundgruppe wird nun für die Verlagerung in die B-Lage einmal, und zwar mit 171 kHz, moduliert, so daß als unteres Seitenband die gewünschte Gruppe mit 111 bis 156 kHz entsteht. Für die A-Lage erfolgt eine zweite Frequenzumsetzung der B-Gruppe durch eine Trägerfrequenz von 204 kHz, wodurch die Verschiebung in den Bereich von 48 bis 94 kHz stattfindet.

In den Zwischenämtern wird mit Hilfe von Modulatoren mit der gleichen Trägerfrequenz 204 kHz die Vertauschung der Gruppen vorgenommen: Aus 48 bis 93 kHz wird 111 bis 156 kHz und umgekehrt. Bild 4 und 5 zeigen, wie die Frequenzumsetzungen vorgenommen werden. Die Wirkungsweise im einzelnen ist an anderer Stelle [11] eingehend beschrieben. Für das Verständnis sei hier nur erwähnt, daß für die selbsttätige Pegelregelung eine Steuerfrequenz von 6 kHz $\pm$ 50 kHz einem der Kanäle nach der Frequenzumformung mit 6 kHz zugesetzt und nun gemeinsam mit diesem Gespräch mehrmals umgeformt wird. In den Zwischenämtern und dem Gegen-Endamt wird diese Hilfsfrequenz durch den Steuerfrequenzempfänger ausgesiebt, wobei durch stufenweise Frequenzumsetzung die Anforderungen an die Filter gering werden. Vor allen Dingen erreicht man aber auf diese Weise, daß die Verstärkerröhre des Empfängers gleichzeitig für die Verstärkung der verschiedenen Frequenzstufen und zur Erzeugung der Demodulationsträgerfrequenz benutzt werden kann. Man erhält so mit einer einzigen Röhre eine für die selbsttätige Pegelregulierung ausreichende Leistung, obwohl die Steuerfrequenz wie üblich um 2 Neper unter dem Seitenbandpegel liegt.

Bild 6 gibt die Ansicht eines Endamtes. Gestell *A* enthält die Gabeln für Übergang auf zweidrähtigen Betrieb, Meßeinrichtungen und unten den für die Speisung des Systems dienenden Netzanschlußteil, der für die verschiedenen Netzspannungen umschaltbar ist. Auf dem zweiten Gestell *B* ist ein Teil der Kanalumsetzer, Vor- und Bandumsetzer sowie die quarzgesteuerte Trägerstromversorgung untergebracht, auf Gestell *C* die restlichen Kanalumsetzer. Gestell *D* endlich enthält die Gruppeneinrichtungen, d. h. die quarzgesteuerten Gruppengeneratoren für 171 und 204 kHz, Gruppenumsetzer, Sende- und Empfangsverstärker, Leitungs- und Richtungsweichen sowie die selbsttätige Pegelregelung. Wie man aus dem Bilde ersehen kann, ist der Röhrenaufwand je Gespräch bemerkenswert klein. Im Gruppen-

gestell werden im allgemeinen 13 Röhren betrieben, in der Trägerstromversorgung 7 Röhren, d. h. 20 Röhren gemeinsam für die 15 Gespräche, dazu eine Röhre je Kanal für den Niederfrequenzverstärker, d. h. im ganzen 2½ Röhren je Gespräch und Endstelle. Für die endigenden Gespräche kommt noch eine Röhre für die Rufumsetzung hinzu, die in Fortfall kommt, wenn das Gespräch weiterläuft. Soweit Rufumsetzung notwendig ist, werden die Rufumsetzer, Rufmaschinen und Rufumsetzerprüfeinrichtung auf einem besonderen Gestell montiert, das in dem gemeinsamen Gruppenrahmen untergebracht wird. Das Endamt besteht dann aus 5 Gestellen.

Das Zwischenamt besteht aus zwei Gestellen, von denen das eine Meßgeräte und das Netzanschlußgerät enthält, das andere ähnliche Einrichtungen wie das Gruppengestell *D* des Endamtes, d. h. Weichen, Verstärker, in diesem Fall nur einen Gruppengenerator für 204 kHz, ebenfalls quarzgesteuert, die Gruppenumsetzer für die Vertauschung der Gruppen, Steuerfrequenzempfänger und die selbsttätige Pegelregelung. Auch hier ist der Röhrenaufwand mit 13 Röhren oder weniger als eine Röhre je Gespräch in zwei Richtungen recht gering.

II. Beispiel einer praktischen Anwendung des MG-Systems in Jugoslawien

a. Die Verkehrsanforderungen

Die vorhandenen Sprechverbindungen von der deutschen Grenze nach Belgrad reichten für die Abwicklung des Verkehrs schon seit langem nicht mehr aus. Obwohl die Verlegung eines Fernkabels auf dieser Strecke seit vielen Jahren geplant ist und Aussicht auf baldige Verwirklichung besteht, beschloß die jugoslawische Postverwaltung im Einvernehmen mit der deutschen Reichspost, das MG-System zu beschaffen, um dem dringenden Verkehrsbedürfnis bis zum Verlegen des Kabels einigermaßen abzuhelfen. Das Gestänge war mit Einkanal- und Dreikanal-Trägerfrequenzsystemen soweit belegt, daß als wirtschaftliche und schnell auszuführende Lösung nur die Beschaffung eines Vielbandsystems übrigblieb.

Mit Rücksicht auf die wirtschaftliche und verkehrspolitische Bedeutung von Zagreb (Agram) endigt dort ein Teil der Gespräche. Das Amt Zagreb umfaßt daher zwei Endämter, deren Gespräche unter Anpassung an die jeweiligen Verkehrsverhältnisse entweder endigen oder für den durchgehenden Verkehr vierdrähtig durchgeschaltet werden können. In Belgrad endet der größte Teil der Verbindungen mit Ausnahme der Kanäle nach Athen und Sofia, die fest durchgeschaltet sind. Für die aus Deutschland kommenden und in Zagreb endigenden Verbindungen bleiben die entsprechenden Kanäle des Abschnitts Zagreb—Belgrad für den Endverkehr zwischen diesen beiden Hauptzentren des jugoslawischen Staates frei. Diese neuen Verkehrswege für den innerstaatlichen Verkehr wurden als besonders angenehm empfunden, da die Wartezeiten vorher recht groß waren.

b. Leitungsverhältnisse

Bei der Neueinführung des MG-Systems taucht immer wieder die Befürchtung auf, daß die vorhandenen Leitungen für Übertragungen im Frequenzbereich über 40 kHz nicht gut genug sein würden. In der Praxis zeigte sich in fast allen Fällen, daß diese Annahme nicht richtig ist. Gewiß sind im allgemeinen nicht alle Doppelleitungen eines Gestänges geeignet, aber es lassen sich fast immer brauchbare Leitungen heraussuchen, zumal man für die verschiedenen Verstärkerfelder verschiedene Leitungen benutzen kann, indem in den Verstärkerämtern das MG-Band von einer Leitung auf die andere übergeleitet wird.

Messungen an den Leitungen zwischen der deutschen Grenze und Belgrad ergaben, daß sich zwischen allen bei der Projektierung vorgesehenen Verstärkerpunkten brauchbare Paare sowohl für die Betriebs- als auch für die Reserveleitung finden ließen. Nur auf einem Teilabschnitt, auf dem überhaupt nur zwei Leitungen für den durchgehenden Verkehr zur Verfügung standen, wies die eine als Reserve vorgesehene Leitung infolge eines ungünstigen Kreuzungsschrittes eine sehr kräftige Absorptionsspitze im Übertragungsbereich des MG-Systems auf. Beim Umschalten auf die Ersatzleitung würden dadurch einige Kanäle einen merklichen Dämpfungsanstieg und Verzerrungen erleiden. An dieser Leitung wurden daher einige zusätzliche Kreuzungen vorgenommen und dadurch die Absorptionsspitze abgeflacht. Bild 7 zeigt die Betriebsdämpfung eines Verstärkerabschnittes, der aus einem Kabelstück und einem Freileitungsabschnitt zusammengesetzt ist. Der Verlauf anderer, reiner Freileitungsabschnitte ist ähnlich. Die Unregelmäßigkeiten des Dämpfungsverlaufes der einzelnen Abschnitte gleichen sich zum Teil aus, nur zum geringeren Teil werden sie bei der Hintereinanderschaltung größer. Die Frequenzumsetzung in den Zwischenämtern wirkt sich dabei günstig aus, indem bei jeder Gesamtverbindung einer Richtung zur Hälfte die oberen und zur Hälfte die unteren Gruppen übertragen werden. Die Hochfrequenzentzerrer in den einzelnen Ämtern gleichen die frequenzabhängige Neigung der Leitungsdämpfung aus; außerdem werden in den Endämtern die einzelnen Kanäle entzerrt, so daß die im Gesamtweg vorhandenen, nicht unbeträchtlichen Abweichungen vom gleichmäßigen Dämpfungsverlauf im einzelnen Kanal kaum zu merken sind, wie Bild 8 beweist.

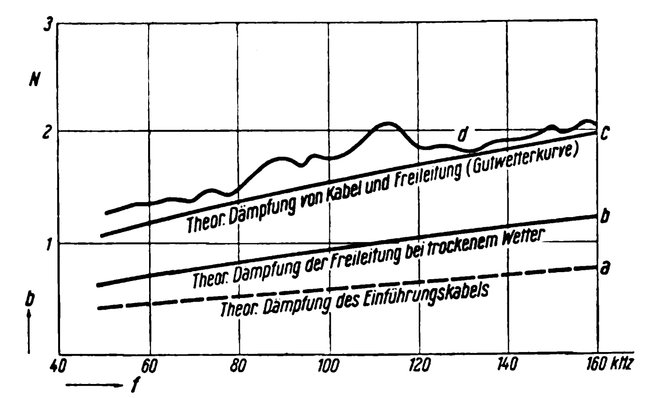


Bild 7. Betriebsdämpfung eines aus Freileitung und Einführungskabel zusammengesetzten Verstärkerfeldes.

In Belgrad und Zagreb werden die Freileitungen über Kabel eingeführt, und zwar über gewöhnliche bereits vorhandene Ortskabel. Für das MG-System wurde die Reflexionsdämpfung an der Stoßstelle zwischen Freileitung und Kabel durch kleine Anpassungsübertrager vermindert. Die Störpegel lagen ziemlich niedrig bis auf Störungen durch einen Telegraphensender, an dem das Gestänge in einigen 100 m Entfernung entlang läuft. Die Wellenlänge dieses Senders wurde geändert, weil die Zeichen sonst in einem der Kanäle zu hören gewesen wären. Alle anderen im Übertragungsbereich liegenden Telegraphiesender ergaben vernachlässigbar kleine Störpegel.

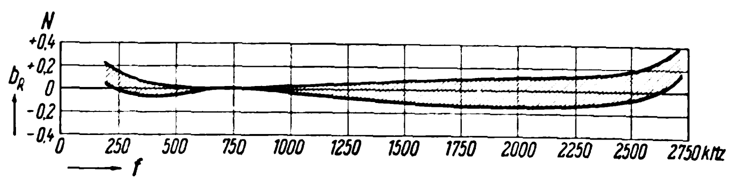


Bild 8. Hüllkurve der Restdämpfungsabweichungen der von der deutschen Grenze bis Belgrad durchgehenden Kanäle, bezogen auf 800 Hz.

c. Wahl der Verstärkerämter

Die Entfernung vom deutschen Grenzamt bis Zagreb beträgt rd. 240 km, von Zagreb bis Belgrad rd. 440 km, so daß insgesamt fast 700 km zu überbrücken waren. Für die Entscheidung, welche Orte für die Aufstellung der Verstärkerämter gewählt werden sollen, sind außer der

Leitungsdämpfung bzw. dem Störpegel die Stromversorgungs- und Raumverhältnisse in den einzelnen Städten wichtig. Das MG-System arbeitet im allgemeinen mit Vollnetzanschluß ohne Verwendung von Batterien, so daß Montage und Bedienung besonders einfach sind. Dieser Vollnetzanschluß ist von großem Vorteil, wenn man wie im Falle des jugoslawischen Projektes in vorhandene, meist ältere Postgebäude kleiner Städte ziehen muß und nach nicht allzu langer Zeit mit dem ganzen System auf eine andere Freileitungs-Trasse umziehen will.

Für keines der Zwischenämter brauchte ein neues Gebäude errichtet zu werden, obwohl die Postämter zum Teil von der Freileitung mehrere Kilometer entfernt liegen. Man muß infolge des Vollnetzanschlusses darauf sehen, daß die örtlichen Elektrizitätswerke zuverlässig arbeiten, und bei der Wahl der Verstärkerpunkte darauf Rücksicht nehmen. Wegen der Bedeutung der größtenteils zwischenstaatlichen Gespräche wurden die Abstände so gewählt, daß die Sicherheit bei ungewöhnlichem Dämpfungsanstieg durch Rauhreifbildung immer noch recht groß ist. So sind die Entfernungen der Verstärkerämter nicht so groß, wie sie mit Rücksicht auf die Leitungsdämpfung bei normalen Wetterverhältnissen hätten gewählt werden können. Durchweg ist der Verstärkerabstand bei reinen Freileitungsstrecken ohne Einführungskabel etwa 80 km, die größte Entfernung zweier Zwischenämter beträgt 110 km.

d. Betriebsergebnisse

Das MG-15fach-System steht seit über einem halben Jahr im Dienste des öffentlichen Verkehrs zwischen Belgrad—Zagreb und dem Deutschen Reich. Die Vermehrung der Kanäle und die Verminderung der Wartezeiten hat vor allem auf dem Abschnitt Belgrad—Zagreb eine sprungartige Erhöhung der Verkehrsziffern verursacht.

Ein Gespräch von Belgrad bis zum deutschen Grenzamt wird nicht weniger als 21mal je Richtung moduliert. Ein Versuch zeigte jedoch die großen Fortschritte im Bau der Übertragungselemente: Bei einer Rückführung des Gespräches an den Ausgangspunkt war im Hörer ein Unterschied zu der direkten Niederfrequenzverbindung trotz einer Länge des Hochfrequenzweges von über 1400 km und einer 42maligen Modulation kaum wahrnehmbar. Bild 8 zeigt die Hüllkurve, d. h. die größten Abweichungen der Restdämpfung für die von Deutschland bis Belgrad durchgehenden Kanäle. Das System selbst arbeitet praktisch verzerrungsfrei. Die geringfügigen noch vorhandenen Abweichungen des Dämpfungsverlaufes werden durch die Freileitung verursacht. Ihre Beseitigung durch noch weiter unterteilte Entzerrer würde nicht mehr lohnen.

Zusammenfassung

Die Entwicklung des Vielband-Trägerfrequenz-Fernsprechens über Freileitungen ist in Europa und den V. S. Amerika nicht einheitlich verlaufen. Ursachen für die Unterschiede sind z. T. die Einflüsse der Technik des Vielband-Trägerfrequenz-Fernsprechens über Kabel, die die Geräte für den Betrieb über Freileitungen wesentlich beeinflußt hat. Nicht minder haben sich die Forderungen infolge des verschiedenartigen wirtschaftsgeographischen Aufbaus der beiden Erdteile ausgewirkt. Es ergab sich in Amerika: Parallelbetrieb mehrerer Systeme über neue Gestänge oder umgebaute Gestänge, in Europa: Einrichtung nur eines Systems, aber über alte Gestänge. Ein deutsches Vielbandsystem über Freileitungen, das MG-System, wird kurz beschrieben, bei dem 15 zusätzliche Gespräche oberhalb bestehender Dreikanal- oder Vierkanalsysteme betrieben werden können. Über die Verwendung des MG-Systems auf einer rd. 700 km langen Strecke in Jugoslawien wird berichtet.

Aus dem Schrifttum

[1] F. Vogel u. H. W. Roloff, Veröff. Nachrichtentechn. 2 (1932) S. 199 und 3 (1933) S. 233.
[2] K. Scherer u. H. Meins, Europ. Fernsprechdienst 47 (1937) S. 224.
[3] Nagel, Postarchiv 4 (1940).
[4] H. Paesler u. R. Zimmermann, Telegr. u. Fernspr.-Techn. 25 (1936) H. 10.
[5] K. Hoepfner u. H. F. Mayer, Europ. Fernsprechdienst 46 (1937) S. 101.
[6] F Wiegand, Europ. Fernsprechdienst 50 (1938) S. 373.
[7] H. Düll, Europ. Fernsprechdienst 51 (1939) S. 43.
[8] D. Thierbach u. A. Schmid, ETZ 60 (1939) S. 761.
[9] L. H. Ilgenfritz, R. N. Hunter u. A. L. Whitman, Bell Syst. techn. J. 18 (1939) S. 338.
[10] B. W. Kendall u. H. A. Affel, Bell Syst. techn. J. 18 (1939) S. 119. L. C. Starbid u. J. D. Mathis, Bell Syst. techn. J. 18 (1939) S. 363.
[11] L. Graf u. O. Henkler, Europ. Fernsprechdienst 52 1939) S. 191. S. Kleiber, Europ. Fernsprechdienst 53 (1939) S. 278.
[12] M. E. Strieby, Electr. Engng. 56 (1937) S. 1.
[13] C. W. Green u. E. J. Green, Electr. Engng. 57 (1938) Transactions S. 227.
[14] H. Bornemann, Europ. Fernsprechdienst 48 (1938) S. 33.
[15] J. T. O'Leary, E. C. Blassing u. J. W. Beyer, Bell. Syst. techn. J. 18 (1939) S. 49.
[16] H. Werrmann, ETZ 57 (1936) S. 707 u. 735.
[17] C. E. Lane, Electr. Engn. 57 (1938) Transactions S. 245.
[18] E. Buchmann, Siemens-Z. 17 (1937) S. 197. F. Gladenbeck u. W. Waldow, Jb. Fernmeldewes. (1937).

Die Schwächung sehr kurzer elektrischer Wellen beim Durchgang durch Wolken und Nebel

DK 538.566.029.64

Die in der Hochfrequenztechnik bisher verwendeten kürzesten Wellen haben gegenüber den optischen Wellen die Eigenschaft, die Atmosphäre unabhängig von Nebel und Wolken zu durchdringen. Die bei den kürzesten elektrischen Wellen auftretende Schwächung wird im folgenden kurz zusammengefaßt[1]). Ihre Ursache liegt im wesentlichen in einer Zerstreuung der Energie der fortschreitenden Wellen in Form von Beugungswellen und in einer Wärmeerzeugung im Innern der Wassertropfen. Diese Schwächung wird nur durch die Tropfen flüssigen Wassers und nicht durch den Wasserdampf bewirkt. Die zahlenmäßige Auswertung der von Mie gefundenen Ergebnisse bei der in erster Näherung, wie in einer Rechnung gezeigt wird, nur die Gesamtmenge des flüssigen Wassers und nicht seine Verteilung auf die verschiedenen Tropfengrößen zu berücksichtigen ist, da die Wellenlänge groß gegenüber dem Durchmesser der Wassertröpfchen ist, ergibt für eine Wassermenge von 1 g/m³ folgende Dämpfungen:

Wellenlänge (cm)	20	10	5	2	1	0,5	0,2	0,1	0,03
Dämpfung (Np/km)	$2{,}8 \cdot 10^{-4}$	$1{,}2 \cdot 10^{-3}$	$4{,}9 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-2}$	0,12	0,5	2,3	5,2	9

Dieser Energieentzug rührt praktisch nur von der Wärmeerzeugung und nicht von den Beugungserscheinungen her. Die in Wolken und Nebeln auftretende Höchstmenge flüssigen Wassers beträgt nach meteorologischen Messungen 5 bis 8 g/m³ während der Gehalt an Wasserdampf ein Vielfaches davon beträgt. Somit dürften bei Wellen unter 1 mm Länge bereits beträchtliche Schwächungen auftreten, die die Verwendbarkeit derartig kurzer Wellen einschränken werden. Die in Übereinstimmung mit Messungen aus den Debyeschen Formeln gerechneten Stoffkonstanten des flüssigen Wassers, der Real- und der Imaginärteil der dielektrischen Konstante, der Verlustwinkel, der Brechungsindex, der Absorptionskoeffizient sowie der für die Polarisierbarkeit des Wassers maßgebende Wert $\left|\frac{n^2-1}{n^2+1}\right|^2$ werden für den Wellenlängenbereich 0,01 bis 100 cm in Diagrammform angegeben. Dabei treten als unabhängige Konstante folgende Werte auf: die statische dielektrische Konstante $\varepsilon_s = 81$, die optische dielektrische Konstante $\varepsilon_0 = 3$ und die Sprungwellenlänge $\lambda_s = 18{,}5$ cm. Zum Schluß wird untersucht, welche Schwächung die Wellen erfahren würden, wenn man sich alle Wassertröpfchen längs der Bahn einer Welle zu einer Wasserschicht vereinigt denkt. Einem Weg von 1 km Länge durch eine Wolke mit dem Wassergehalt 1 g/m³ entspricht eine homogene Wasserschicht von 1 mm Dicke. Dies ist aber die Eindringtiefe in Wasser bei 3 cm Wellenlänge; die Schwächung durch eine in Tröpfchen verteilte Wassermenge ist also wesentlich geringer als durch eine Schicht mit derselben Wassermenge.

Drg

[1]) K. Fränz, Z. Hochfrequenztechn. 56 (1940) S. 141; 3 S., 4 B.

Eine Stoßanlage für 10 Millionen Volt

DK 621.319.53

Auf der New Yorker Weltausstellung 1939 wurden unter dem Schlagwort: „Künstlicher Blitz" mit einer 10 Millionen-Volt-Stoßanlage Überschläge an einer Spitzenfunkenstrecke mit 9 m Elektrodenabstand vorgeführt[1]). Von der Höhe der verwendeten Spannung vermitteln allein die räumlichen Abmessungen einen Begriff: Eine Halle von 20 × 35 m² Grundfläche und 17 m Höhe diente fast ausschließlich zur Aufnahme des Hochspannungserzeugers. Es handelt sich dabei um zwei Stoßgeneratoren in Vervielfachungsschaltung nach Marx, von denen jeder eine Summenspannung von 5000 kV aufweist. Die Polarität gegen Erde ist bei beiden verschieden, so daß zwischen den nicht geerdeten Klemmen eine resultierende Spannung von 10 Mill V auftritt. Bild 1 zeigt die 10 Mill V-Stoßanlage auf der New Yorker Messe 1939.

Ein Vergleich dieser Stoßanlage mit einer für die gleiche Spannung, die bereits seit mehreren Jahren in Pittsburg in Betrieb ist, ist lehrreich und kennzeichnend für die Wege, die neuerdings im Bau von Stoßgeneratoren beschritten werden. Während die klassische Bauweise die üblichen Starkstromkondensatoren mit Metallgehäuse und Durchführung auf treppenartigen Gerüsten aufbaute, werden jetzt die Kondensatoren als tragende Bauelemente mit herangezogen. Der Erfolg ist augenscheinlich: Die neue Anlage beansprucht weniger als den vierten Teil der Grundfläche, die von der alten, ebenfalls aus zwei Generatoren für je 5000 kV bestehenden Stoßanlage eingenommen wird. Dabei ist der Energieinhalt von 125 auf 165 kWs gesteigert worden.

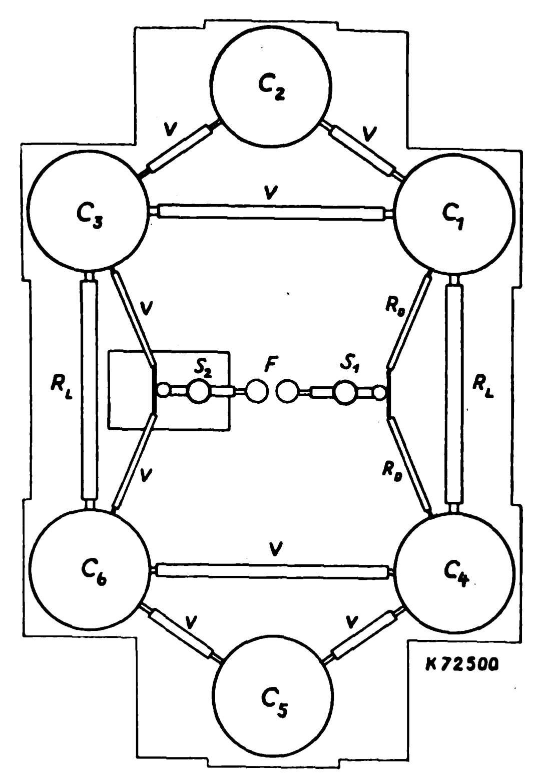
Die Betrachtung neuzeitlicher Stoßanlagen zeigt, daß der Aufbau in einer oder mehreren Kondensatorsäulen grundsätzlich bevorzugt wird. Während bei der Einsäulenbauweise sämtliche Kapazitäten zu einem Stapel verspannt und gemeinsam unter Öl eingebaut werden, damit der Abstand zwischen den einzelnen Ladestufen möglichst gering wird, kann bei der Verwendung von zwei oder mehr Säulen auf die Anwendung von Öl als Stufenisolation verzichtet werden. Beide Ausführungsarten haben ihre Vorzüge; während die erstere in der Konzentration des Aufbaus und damit in der Raumbeschränkung und Vermeidung schädlicher Induktivität die technisch erreichbare Grenze darstellt und den Bau fahrbarer Stoßanlagen bis zu den höchsten Spannungen erlaubt[2]), verwendet die Mehrsäulenbauart einzelne Kondensatoren und Isolatoren als Konstruktionselemente, was herstellungstechnisch eine Erleichterung bedeutet. In dieser Weise ist auch der neue Stoßgenerator ausgeführt. Es wurden zylindrische Spezialkondensatoren von etwa 40 cm Höhe und 70 cm Dmr. verwendet; bei 0,33 µF Kapazität sind sie für eine Spannung von 100 kV bestimmt. Das Gehäuse besteht aus Isolierstoff, die Imprägnierung geschieht mit Pyranol, ähnlich dem in Deutschland verwendeten Clophen (Diphenylchlorid). Maßgebend für die Wahl dieses Isoliermittels dürfte weniger die Unbrennbarkeit als vielmehr die höhere Durchschlagsfestigkeit und Dielektrizitätskonstante gegenüber Transformatorenöl sein. Jeder Stoßgenerator enthält 51 derartige Kondensatoren, die in sechs senkrechten Säulen aufgestapelt sind. Zwischen je zwei Kondensatoren befinden sich Hartpapierrohre gleichen Durchmessers; die Stoßstellen sind durch gut abgerundete Schirmelektroden abgedeckt. Die sechs Säulen sind auf einem Grundrahmen mit annähernd elliptischem Grundriß angeordnet (Bild 2). Je drei Kondensatoren benachbarter Säulen sind in Reihe geschaltet

[1]) A. B. Hendricks jr., H. S. Hubbard u. G. L. Vallin, Gen. Electr. Rev. 42 (1939) S. 420.

[2]) R. Crämer, AEG-Mitt. (1938) S. 85.

Bild 1*). 10 Mill V Stoßanlage auf der New Yorker Messe 1939.

*) Bild 1 und die folgenden wurden von der General Electric Co zur Verfügung gestellt.



$C_1 \cdots C_6$ Kondensatorsäulen
S_1 feste Funkenstreckensäule
S_2 drehbare Funkenstreckensäule
F Schaltfunkenstrecke
R_L Ladewiderstand
R_D Dämpfungswiderstand
V Verbindungsleiter

Bild 2. Grundriß eines Stoßgenerators.



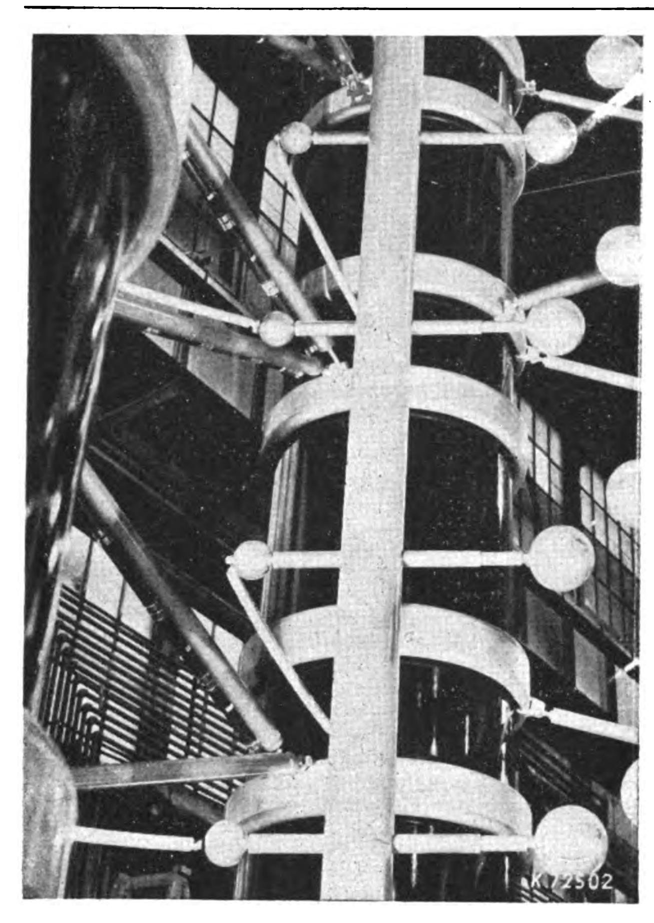
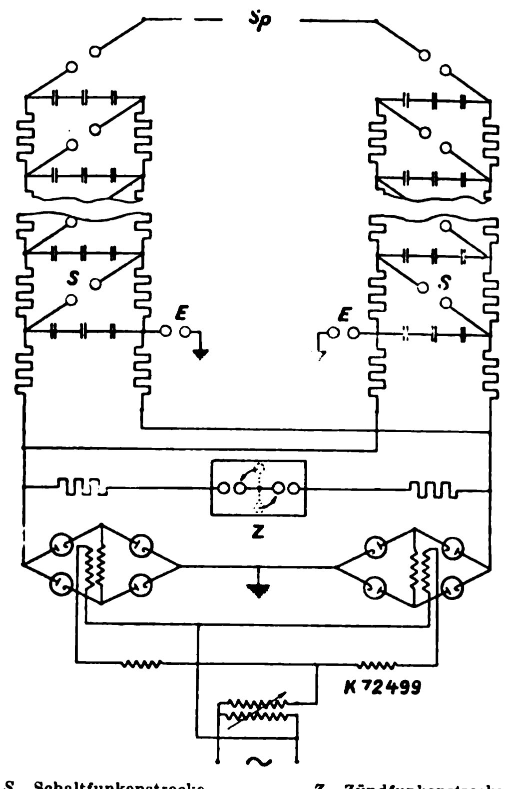


Bild 3. Innenaufbau der Stoßgeneratoren.



S Schaltfunkenstrecke *Z* Zündfunkenstrecke
E Erdfunkenstrecke *Sp* Spitzenfunkenstrecke

Bild 4. Schaltplan der Stoßanlage.

und bilden eine Ladestufe. Die Verbindungsleiter sowie die zwischen den Stufen befindlichen Ladewiderstände stützen die Säulen gegeneinander ab, so daß ohne die Heranziehung weiterer Konstruktionsteile ein stabiler Aufbau erzielt wird (Bild 3). Die Schaltfunkenstrecken befinden sich innerhalb des von den Kondensatorsäulen eingeschlossenen Raumes; sie sind senkrecht übereinander an zwei Isolierstoffsäulen angebracht. Zum Einstellen verschiedener Schlagweiten ist eine dieser Säulen drehbar. Die Bahn der Entladung hat bei dieser Anordnung den Grundriß in Form einer 8; hierdurch soll eine Verminderung der Induktivität eintreten. Für die gesamte Induktivität der aus zwei Generatoren bestehenden Anlage wird ein Wert von 300 µH angegeben. Als resultierender Widerstand der Strombahn wird ein Wert von etwa 22 Ω genannt; es ist anzunehmen, daß er mit Absicht so niedrig gehalten wurde, um eine möglichst stromstarke und effektvolle Entladung zu erhalten.

Jeder Stoßgenerator erreicht eine Höhe von 10,35 m. Die nach Abzug der beträchtlichen Armaturen verbleibende freie Überschlagstrecke ist offenbar zu gering für eine Stoßspannung von 5000 kV, wenigstens bei positiver Polarität. Der Stoßgenerator muß daher bei voller Ladespannung zur Erde überschlagen, wenn nicht die Spitzenfunkenstrecke so eingestellt wird, daß sie vorher anspricht. Diese Einschränkung ist durch die verfügbare Hallenhöhe vorgeschrieben; durch Austauschen der Isolierzylinder gegen solche von etwas größerer Länge läßt sich der Generator so ausbauen, daß auch die Erzeugung vollständiger Stoßwellen bei voller Spannung möglich ist. Die Gesamthöhe würde dann etwa 13,7 m erreichen.

Zur Aufladung der Stoßkapazitäten dient eine Anlage, die aus zwei in Reihe geschalteten Röhrengleichrichtern in Brückenschaltung für je 150 kV besteht. Durch die Brückenschaltung wird trotz der ansehnlichen Kapazität eine Aufladezeit von 15 s erreicht. Der Verbindungspunkt der beiden Gleichrichtereinheiten ist geerdet, so daß die unterste Stufe eines jeden Generators für 150 kV gegen Erde isoliert sein muß. Auf diesem schaltungstechnischen Kunstgriff beruht auch der Mechanismus, mit dem ein völlig gleichzeitiges Durchzünden beider Generatoren in dem gewünschten Zeitpunkt erreicht wird (Bild 4). Der unterste Kondensatorpol ist nach dem Gesagten nicht direkt geerdet, wird aber an eine Funkenstrecke angeschlossen, deren andere Elektrode Erdpotential hat und die so eingestellt ist, daß sie bei 150 kV nicht anspricht. Eine Zündfunkenstrecke mit drehbarem Schaltarm schließt den Ladekreis kurz und schaltet gleichzeitig die untersten Ladestufen der beiden Generatoren hintereinander, so daß an den in Reihe liegenden Erdfunkenstrecken plötzlich eine Spannung von 600 kV auftritt und sie zum Ansprechen bringt. Damit vergrößert sich ebenso plötzlich die Spannung der untersten Schaltfunkenstrecke jedes Generators um 150 kV; diese spricht ebenfalls an und bewirkt in der bekannten Weise das Durchzünden der ganzen Stoßanlage.

Die genannte Veröffentlichung[1]) enthält einige bemerkenswerte Angaben über Abschirmung und Erdung. Um Störungen benachbarter Rundfunk- und Fernsehdarbietungen zu vermeiden, wurden Wände und Dach der Hochspannungshalle innen und außen vollständig mit Kupferblech bedeckt. Das Erdungssystem bestand aus einem etwa 1 m tief im Boden vergrabenen Drahtnetz, das mit einer Anzahl 15 bis 27 m langer, weit unter Grundwasserspiegel eingetriebener Stahlröhren verbunden war.

Abschließend sei bemerkt, daß die deutsche Technik hinter diesen Leistungen keineswegs zurücksteht, sondern Aufgaben von vergleichbaren Ausmaßen bereits gelöst hat[2])[3]). Die erreichten Grenzen von 3 bzw. 4 Mill V gegen Erde reichen für technische Bedürfnisse vorläufig aus; anderseits besteht gegenwärtig keine Veranlassung, derartig große, kostspielige Anlagen lediglich zu Schauzwecken zu errichten.

Kurt Schmidt VDE.

---

[3]) J. Rebhan, Siemens-Z. 15 (1935) S. 505.

Vorschriften für isolierte Leitungen in Fernmeldeanlagen

VDE-Ausschuß für Drähte und Kabel

DK 621.315.33(083.133-3)

VDE 0810c/XII.40

3. Änderung der ab 1. 1. 1928 gültigen Fassung
Abweichungen gegenüber dem in ETZ 61 (1940) H. 24, S. 555 veröffentlichten Entwurf

Gültig ab 1. Februar 1941[1])

A. Allgemeines

§ 1

Allgemeine Kennzeichnung

a) Die Leitungen müssen einen der Herstellerfirma als Warenzeichen (Ursprungszeichen) eingetragenen Firmenkennfaden enthalten, durch den ersichtlich gemacht wird, von welchem Werk die Leitungen hergestellt sind.

b) Für Leitungen nach VDE 0810 wird durch die Prüfstelle des VDE auf Grund eines besonderen Verfahrens der einfädige, schwarz-rot bedruckte Kennfaden[2]) des VDE zugewiesen. Diese Leitungen können dann neben der verbandsmäßigen Typenbezeichnung auch die dem VDE geschützte Bezeichnung „Codex" tragen, z. B. „Codex LP" usw.

c) Die Kennfäden müssen liegen:

bei den Drähten nach §§ 7 und 10 A zwischen der ersten und zweiten Bespinnung,
bei den Drähten nach § 10 B a), b) und d) unter oder in der ersten Bespinnung,
bei den Drähten nach §§ 8, 9 und 10 B c) unmittelbar unter der Beflechtung,
bei den Kabeln zwischen dem verseilten Kabelkern und der gemeinsamen Bewicklung,
bei den Schnüren, sofern die Adern durch eine oder mehrere gemeinsame Umhüllungen zusammengefaßt sind, zwischen den Adern und der Außenbeflechtung oder zwischen Unter- und Außenbeflechtung,
bei den Schnüren nach §§ 22, 30 und 33, sofern die Adern nicht durch eine gemeinsame Umhüllung zusammengefaßt sind, zwischen der Umhüllung und der Bespinnung oder Beflechtung einer Einzelader, und zwar im allgemeinen der weiß gekennzeichneten Ader oder — wenn nicht vorhanden — einer beliebigen Ader.

d) Die isolierten Drähte nach § 10 B können statt durch eingelegte Kennfäden durch ein an jedem Drahtring befestigtes Schild gekennzeichnet werden, welches das Ursprungszeichen (Warenzeichen) des Herstellers enthält. Die VDE-Prüfstelle erteilt für diese Drähte in einem besonderen Verfahren die Genehmigung zur Anbringung des VDE-Zeichens[3]) auf dem Schild.

§ 2

Beschaffenheit der Kupferleiter

Kupferleiter müssen VDE 0201 „Vorschriften für Kupfer für Elektrotechnik" entsprechen.

§ 3

Beschaffenheit der Lackdrähte

Lackdrähte müssen DIN VDE 6450 entsprechen.

§ 4

Gummihülle

a) Die Gummihülle der Leiter ist folgender Alterungsprüfung zu unterwerfen.

Probestücke werden in einem Wärmeschrank mit umlaufender Luft 10 × 24 h ununterbrochen auf einer Temperatur von 70 ± 2° gehalten. Die Erwärmung ist an der Leitung ohne gummiertes Band und ohne Bespinnung oder Beflechtung, aber mit dem Leiter vorzunehmen.

Vor und nach der Erwärmung muß die Gummihülle eine Zugfestigkeit von 50 kg/cm² und eine Bruchdehnung von 250% der Anfangslänge bei einer Meßlänge von 2 cm aufweisen. Die mechanischen Eigenschaften nach der Erwärmung sind erst 24 h nach dem Herausnehmen aus dem Wärmeschrank festzustellen.

b) Die Wanddicke der Gummihülle muß dem für die jeweilige Leitungsbauart geltenden Wert entsprechen. Stellenweise darf dieser Wert um höchstens 0,1 mm ± 10% des Nennwertes unterschritten werden.

§ 5 A

Verwendungsbereich

Wortlaut wie bisher § 5.

§ 5 B

Abschirmung

Für Fernmeldeanlagen, in denen ein Schutz gegen elektrische Beeinflussung notwendig ist, können die isolierten Leitungen abgeschirmt sein. Die Abschirmung besteht aus einem Bleimantel oder aus einer Bespinnung, Beflechtung oder Bewicklung. Hierfür können Drähte, Metallgespinstfäden, bei isolierten Drähten und Kabeln auch Metallband oder metallisiertes Papier verwendet werden. Zur Verbesserung der Schirmwirkung können mehrere Schirme übereinander aufgebracht sowie blanke Kupferdrähte unmittelbar unter die metallische Hülle und in metallener Verbindung mit dieser eingelegt sein.

B. Bauart und Prüfung der Drähte

§ 9

Gummidraht

Bezeichnung: G

Geeignet zur festen Verlegung über Putz oder in Rohr unter Putz sowie für den Innen- und Außenbau der Fernmeldeanlagen.

Der Leiter besteht aus einem verzinnten Kupferdraht . . . (weiter wie bisher).

§ 10 A

Seidenbaumwolldraht

Bezeichnung: SB

Geeignet zur Verlegung innerhalb der Apparate und Gestelle der Fernmeldeanlagen.

Der Leiter besteht aus einem verzinnten Kupferdraht von 0,5 oder 0,6 mm Durchmesser und ist mit zwei Lagen Naturseide und einer Lage Baumwolle besponnen; die Bespinnung ist getränkt. Die Drähte können auch mehrfach verseilt sein.

Die Drähte müssen so beschaffen sein, daß 5 m lange Stücke in trockenem Zustand einer Wechselspannung von 800 V bei 50 Hz zwischen den Leitern 10 min lang widerstehen. Bei Prüfung von Einfachdrähten sind zwei 5 m lange Stücke zusammenzudrehen.

§ 10 B

Seidenlackdrähte

a) Bezeichnung: SL

Geeignet zur Verlegung innerhalb der Apparate und Gestelle der Fernmeldeanlagen.

Der Leiter besteht aus einem Kupferdraht von 0,5 oder 0,6 mm Durchmesser und ist mit zwei Lagen Kunstseide besponnen. Über der Bespinnung ist ein zusammenhängender, gut biegsamer und schwer entflammbarer Lacküberzug aufgebracht, der so beschaffen sein muß, daß er beim Biegen über einen Dorn von 5-fachem Drahtdurchmesser nicht bricht. Wenn Schaltverbindungen durch Löten hergestellt werden sollen, kann der Kupferleiter verzinnt sein. Die Drähte können auch mehrfach verseilt sein.

Die Drähte müssen so beschaffen sein, daß 5 m lange Stücke in trockenem Zustand einer Wechselspannung von 800 V bei 50 Hz zwischen den Leitern 10 min lang widerstehen. Bei Prüfung von Einfachdrähten sind zwei 5 m lange Stücke zusammenzudrehen.

b) Bezeichnung: LSL

Geeignet zur Verlegung innerhalb der Apparate und Gestelle der Fernmeldeanlagen, auch bei tropenmäßiger Beanspruchung.

[1]) Genehmigt durch den Vorsitzenden des VDE im Dezember 1940.
[2]) Der schwarz-rote Kennfaden ist dem VDE als Warenzeichen (Verbandszeichen) geschützt. Für den Kennfaden ist ein Faden aus Kunst- oder Mischfaser zu verwenden; die Farben müssen vulkanisierecht sein.
[3]) Das VDE-Zeichen (vgl. DIN VDE 10) ist dem VDE als Warenzeichen (Verbandszeichen) geschützt.



Der Leiter besteht aus einem Kupferdraht von 0,5 oder 0,6 mm Durchmesser. Er ist mit einer Lackschicht überzogen und mit zwei Lagen Kunstseide besponnen. Über der Bespinnung ist ein zusammenhängender, gut biegsamer und schwer entflammbarer Lacküberzug aufgebracht, der so beschaffen sein muß, daß er beim Biegen über einen Dorn von 5-fachem Drahtdurchmesser nicht bricht. Wenn Schaltverbindungen durch Löten hergestellt werden sollen, kann der Kupferleiter verzinnt sein. Die Drähte können auch mehrfach verseilt sein.

Bei der Abnahme im Lieferwerk müssen die Drähte nach 4-tägigem Liegen in Luft von 80% relativer Feuchtigkeit einen Isolationswiderstand von mindestens 60 MΩ für 1 km Länge bei 20° aufweisen. Er wird mit einer Gleichspannung von 100 bis 200 V gemessen.

Außerdem müssen 5 m lange Stücke nach 4-tägigem Liegen in Luft von 80% relativer Feuchtigkeit einer Wechselspannung von 800 V bei 50 Hz zwischen den Leitern 10 min lang widerstehen. Bei Prüfung von Einfachdrähten sind zwei 5 m lange Stücke zusammenzudrehen.

c) Bezeichnung: LUL

Geeignet zur Verlegung innerhalb der Apparate und Gestelle der Fernmeldeanlagen, auch bei tropenmäßiger Beanspruchung, sowie in Rohr über oder unter Putz.

Der Leiter besteht aus einem Kupferdraht von 0,8, 1,0, 1,5 oder 1,8 mm Durchmesser. Er ist mit einer Lackschicht überzogen und mit Kunstseide beflochten. Über der Beflechtung ist ein zusammenhängender, gut biegsamer und schwer entflammbarer Lacküberzug aufgebracht, der so beschaffen sein muß, daß er beim Biegen über einen Dorn von 5-fachem Drahtdurchmesser nicht bricht. Wenn LUL-Draht als Schaltdraht verwendet wird und Schaltverbindungen durch Löten hergestellt werden sollen, kann der Kupferleiter verzinnt sein. Die Drähte können auch mehrfach verseilt sein.

Bei der Abnahme im Lieferwerk müssen die Drähte nach 4-tägigem Liegen in Luft von 80% relativer Feuchtigkeit einen Isolationswiderstand von mindestens 30 MΩ für 1 km Länge bei 20° aufweisen. Er wird mit einer Gleichspannung von 100 bis 200 V gemessen.

Außerdem müssen 5 m lange Stücke nach 4-tägigem Liegen in Luft von 80% relativer Feuchtigkeit einer Wechselspannung von 800 V bei 50 Hz zwischen den Leitern 10 min lang widerstehen. Bei Prüfung von Einfachdrähten sind zwei 5 m lange Stücke zusammenzudrehen.

d) Bezeichnung: LSUL

Geeignet zur Verlegung innerhalb der Apparate und Gestelle der Fernmeldeanlagen auch bei tropenmäßiger Beanspruchung, mit Kupferleiter von 0,8 mm Durchmesser und darüber auch in Rohr über oder unter Putz.

Der Leiter besteht aus einem Kupferdraht von 0,5, 0,6, 0,8, 1,0, 1,5, 1,8 oder 2,0 mm Durchmesser. Er ist mit einer Lackschicht überzogen, mit zwei Lagen Kunstseide besponnen und mit Kunstseide beflochten. Über der Beflechtung ist ein zusammenhängender, gut biegsamer und schwer entflammbarer Lacküberzug aufgebracht, der so beschaffen sein muß, daß er beim Biegen über einen Dorn von 5-fachem Drahtdurchmesser nicht bricht. Wenn LSUL-Draht als Schaltdraht verwendet und Schaltverbindungen durch Löten hergestellt werden sollen, kann der Kupferleiter verzinnt sein. Die Drähte können auch mehrfach verseilt sein.

Bei der Abnahme im Lieferwerk müssen die Drähte nach 4-tägigem Liegen in Luft von 80% relativer Feuchtigkeit einen Isolationswiderstand von mindestens 60 MΩ für 1 km Länge bei 20° aufweisen. Er wird mit einer Gleichspannung von 100 bis 200 V gemessen.

Außerdem müssen 5 m lange Stücke nach 4-tägigem Liegen in Luft von 80% relativer Feuchtigkeit einer Wechselspannung von 1400 V bei 50 Hz zwischen den Leitern 10 min lang widerstehen. Bei Prüfung von Einfachdrähten sind zwei 5 m lange Stücke zusammenzudrehen.

Tafel I

1	2	1	2
Durchmesser des Kabels unter dem Bleimantel mm	Dicke des Bleimantels*) mm	Durchmesser des Kabels unter dem Bleimantel mm	Dicke des Bleimantels*) mm
bis 10	0,8	bis 30	1,4
„ 14	0,9	„ 32	1,5
„ 18	1,0	„ 34	1,6
„ 22	1,1	„ 36	1,7
„ 25	1,2	„ 38	1,8
„ 28	1,3	—	—

*) Die angegebenen Werte für die Dicke des Bleimantels sind Mittelwerte. Die Dicke des Bleimantels ist mit einer Schraublehre mit ebenen Meßflächen von etwa 5,0 mm Durchmesser zu messen. Die beiden dem Mantel in der Umfangsrichtung an beiden Enden des Kabels entnommenen Bleistreifen, deren Breite etwa gleich dem Manteldurchmesser, jedoch nicht größer als 50 mm sein soll, sind vorsichtig gerade zu richten und mit einer Mittellinie parallel zu den Längsseiten zu versehen. Auf dieser Linie ist die dickste und dünnste Stelle des Bleimantels festzustellen und an mindestens drei weiteren möglichst gleichmäßig verteilten Stellen die Bleimanteldicke gleichfalls auf dieser Linie zu messen. Der Mittelwert der Messungen an beiden Proben darf den vorgeschriebenen Wert nicht unterschreiten, während der kleinste bei den Messungen gefundene Wert um nicht mehr als 10% von dem vorgeschriebenen Wert abweichen darf.

Tafel II

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Durchmesser des Kabels unter dem Bleimantel	Dicke des Bleimantels[1]) bei			Bedeckung des Bleimantels		Dicke der Stahlbewehrung[2])			Bedeckung der Bewehrung	
	fester Bespinnung für unbewehrte und bewehrte Kabel	hohler Bespinnung für unbewehrte Kabel	hohler Bespinnung für bewehrte Kabel	Werkstoff	Dicke	Stahlband	Runddraht	Flachdraht	Werkstoff	Dicke
mm	mm	mm	mm		mm[3])	mm	mm	mm		mm[3])
bis 5	1,2	1,2	1,2	zähflüssige Masse, 2 Lagen vorgetränktes Papier mit Überlappung aufgesponnen, zähflüssige Masse, 1 Lage vorgetränkter Faserstoff	1,5	—	1,4	—	zähflüssige Masse, 1 Lage vorgetränkter Faserstoff, harte Masse	1,5
„ 8	1,2	1,3	1,2		1,5	—	1,4	—		1,5
„ 10	1,2	1,4	1,2		1,5	2×0,5	1,6	1,4		1,5
„ 12	1,2	1,5	1,3		1,5	2×0,5	1,6	1,4		1,5
„ 14	1,3	1,6	1,3		1,5	2×0,5	1,6	1,4		1,5
„ 16	1,3	1,7	1,4		1,5	2×0,5	—	1,4		1,5
„ 18	1,4	1,8	1,5		1,5	2×0,5	—	1,4		1,5
„ 20	1,4	1,9	1,5		2,0	2×0,5	—	1,7		2,0
„ 23	1,5	2,0	1,6		2,0	2×0,5	—	1,7		2,0
„ 26	1,6	2,1	1,7		2,0	2×0,5	—	1,7		2,0
„ 29	1,7	2,2	1,8		2,0	2×0,5	—	1,7		2,0
„ 32	1,8	2,3	1,9		2,0	2×0,5	—	1,7		2,0
„ 35	1,9	2,4	2,0		2,0	2×0,8	—	1,7		2,0
„ 38	2,0	2,5	2,1		2,0	2×0,8	—	1,7		2,0
„ 41	2,1	2,6	2,2		2,0	2×0,8	—	1,7		2,0
„ 44	2,2	2,7	2,3		2,0	2×0,8	—	1,7		2,0
„ 47	2,3	2,8	2,4		2,0	2×0,8	—	1,7		2,0
„ 50	2,4	2,9	2,5		2,0	2×0,8	—	1,7		2,0
„ 54	2,5	3,0	2,6		2,0	2×0,8	—	1,7		2,0
„ 58	2,6	3,2	2,7		2,5	2×1,0	—	1,7		2,0
„ 62	2,7	3,4	2,8		2,5	2×1,0	—	1,7		2,0
„ 66	2,8	3,6	3,0		2,5	2×1,0	—	1,7		2,0
„ 70	2,9	3,8	3,2		2,5	2×1,0	—	1,7		2,0
„ 75	3,0	4,0	3,4		2,5	2×1,0	—	1,7		2,0
„ 80	3,1	4,2	3,6		2,5	2×1,0	—	1,7		2,0

Bei Kabelmänteln aus Bleilegierungen können die Werte der Spalten 2 bis 4 entsprechend der durch die Legierungen erhöhten Festigkeit unterschritten werden (z. B. bei einer Legierung mit 1% Zinn um 10%).

1) Bezüglich der Bestimmung der Dicke des Bleimantels vgl. die Fußnote in Tafel I.
2) Örtliche Unterschreitungen bis zu 20% zulässig.
3) Örtliche Unterschreitungen bis zu 10% zulässig.

C. Bauart und Prüfung der Kabel

I. Innenkabel

a) Innenkabel ohne Bleimantel (Wortlaut wie bisher).

§ 11

Lackpapierkabel

Bezeichnung: LPK

Die lackierten Kupferleiter sind mit mindestens zwei Lagen Papier besponnen. Die Adern sind einzeln oder ... (weiter wie bisher).

§ 12

Seidenbaumwollkabel

Bezeichnung: SBK

Die verzinnten Kupferleiter ..... (weiter wie bisher).

§ 13

Gummikabel

Bezeichnung: GK

Die verzinnten Kupferleiter .... (weiter wie bisher).

b) Innenkabel mit Bleimantel

Geeignet zur festen Verlegung ... (weiter wie bisher). Leiterdurchmesser ... (weiter wie bisher).

Die zum Kabelkern verseilten Adern ...... mit einem Bleimantel umpreßt. Die Dicke des Bleimantels muß den Werten in Tafel I entsprechen.

§ 17

Papierbaumwollkabel mit Bleimantel

Bezeichnung: IPBM

Die blanken oder verzinnten Leiter .... (weiter wie bisher).

II. Außenkabel

Geeignet zur festen Verlegung über oder unter Putz sowie zur unterirdischen Verlegung, mit legiertem Bleimantel auch als Luftkabel.

Die Leiter können ein- oder mehrdrähtig sein. Durchmesser bei eindrähtigem Leiter mindestens 0,5 mm.

Für die Kabelseele gelten die Bestimmungen unter I b). Die Kabelseele ist mit einem Bleimantel umpreßt. Wanddicke des Bleimantels und Abmessungen der Stahlbewehrung siehe Tafel II. Hierin gelten

für unbewehrte Außenkabel . die Spalten 1, 2 und 3,
für unbewehrte Außenkabel mit Bedeckung .... die Spalten 1, 2, 3, 5 und 6,
für bewehrte Außenkabel ohne äußere Bedeckung ..... die Spalten 1, 2, 4 bis 9,
für bewehrte Außenkabel mit äußerer Bedeckung .... die Spalten 1, 2, 4 bis 11.

Der Isolationswiderstand muß bei Kabeln mit trockener Papierisolierung mindestens 1000 MΩ, bei allen übrigen Kabeln mindestens 100 MΩ für 1 km Länge bei 20° betragen (eine Ader gemessen gegen alle anderen und Bleimantel). Er ist mit einer Gleichspannung von 100 bis 200 V zu messen.

Umstell-Vorschriften für isolierte Leitungen in Fernmeldeanlagen

VDE-Ausschuß für Drähte und Kabel

DK 621.315.33(083.133.3)

VDE 0810 U d/XII.40

Änderung der ab 1. 4. 1935 gültigen Fassung

Abweichungen gegenüber dem in ETZ 61 (1940) H. 24, S. 555 veröffentlichten Entwurf

Gültig ab 1. Februar 1941[1])

A. Allgemeines

§ 1

Allgemeine Kennzeichnung

a) Die Leitungen müssen einen der Herstellerfirma als Warenzeichen (Ursprungszeichen) eingetragenen Firmenkennfaden enthalten, durch den ersichtlich gemacht wird, von welchem Werk die Leitungen hergestellt sind.

b) Für Leitungen nach VDE 0810 U wird durch die Prüfstelle des VDE auf Grund eines besonderen Verfahrens der einfädige, schwarz-rot-grün bedruckte Kennfaden[2]) des VDE zugewiesen.

c) Die Kennfäden müssen liegen:

bei den Drähten nach §§ 7 und 10 A zwischen der ersten und zweiten Umhüllung,
bei den Drähten nach § 10 B a), b) und d) unter oder in der ersten Bespinnung,
bei den Drähten nach §§ 8, 9 und 10 B c) unmittelbar unter der Beflechtung,
bei den Kabeln zwischen dem verseilten Kabelkern und der gemeinsamen Bewicklung,
bei den Schnüren, sofern die Adern durch eine oder mehrere gemeinsame Umhüllungen zusammengefaßt sind, zwischen den Adern und der Außenbeflechtung oder zwischen Unter- und Außenbeflechtung,
bei den Schnüren nach §§ 22, 30 und 33, sofern die Adern nicht durch eine gemeinsame Umhüllung zusammengefaßt sind, zwischen der Umhüllung und der Bespinnung oder Beflechtung einer Einzelader, und zwar im allgemeinen der weiß gekennzeichneten Ader oder — wenn nicht vorhanden — einer beliebigen Ader.

d) Die isolierten Drähte nach § 10 B können statt durch eingelegte Kennfäden durch ein an jedem Drahtring befestigtes Schild gekennzeichnet werden, welches das Ursprungszeichen (Warenzeichen) des Herstellers enthält. Die VDE-Prüfstelle erteilt für diese Drähte in einem besonderen Verfahren die Genehmigung zur Anbringung des VDE-Zeichens[3]) auf dem Schild.

e) Die den Umstell-Vorschriften für isolierte Leitungen in Fernmeldeanlagen VDE 0810 U entsprechenden Ausführungen erhalten hinter dem Typenkurzzeichen das Kennzeichen „(UV)", d. h. Umstell-Vorschrift.

§ 2

Beschaffenheit der Leiter

Die Leiter müssen den einschlägigen VDE-Bestimmungen[4]) entsprechen.

§ 3

Beschaffenheit der Lackdrähte

Lackdrähte müssen DIN VDE 6450 entsprechen.

§ 4

Gummihülle

a) Die Gummihülle der Leiter ist folgender Alterungsprüfung zu unterwerfen:

Probestücke werden in einem Wärmeschrank mit umlaufender Luft 7×24 h ununterbrochen auf einer Temperatur von 70 ± 2° gehalten. Die Erwärmung ist an der Leitung ohne gummiertes Band und ohne Bespinnung oder Beflechtung, aber mit dem Leiter vorzunehmen.

Vor und nach der Erwärmung muß die Gummihülle eine Zugfestigkeit von 25 kg/cm² und eine Bruchdehnung von 100% der Anfangslänge bei einer Meßlänge von 2 cm aufweisen. Die mechanischen Eigenschaften nach der Erwärmung sind erst 24 h nach dem Herausnehmen aus dem Wärmeschrank festzustellen.

b) Die Wanddicke der Gummihülle muß dem für die jeweilige Leitungsbauart geltenden Wert entsprechen. Stellenweise darf dieser Wert um höchstens 0,1 mm + 10% des Nennwertes unterschritten werden.

§ 5 A

Verwendungsbereich

Wortlaut wie bisher § 5.

§ 5 B

Abschirmung

Für Fernmeldeanlagen, in denen ein Schutz gegen elektrische Beeinflussung notwendig ist, können die isolierten

[1]) Genehmigt durch den Vorsitzenden des VDE im Dezember 1940.
[2]) Der schwarz-rot-grüne Kennfaden ist dem VDE als Warenzeichen (Verbandszeichen) geschützt.
[3]) Das VDE-Zeichen (vgl. DIN VDE 10) ist dem VDE als Warenzeichen (Verbandszeichen) geschützt.
[4]) Zur Zeit gelten u. a.
VDE 0201 „Vorschriften für Kupfer für Elektrotechnik"
VDE 0202 U „Umstell-Vorschriften für Aluminium für Elektrotechnik".

Leitungen abgeschirmt sein. Die Abschirmung besteht aus einem Bleimantel oder aus einer Bespinnung, Beflechtung oder Bewicklung. Hierfür können Drähte, Metallgespinstfäden, bei isolierten Drähten und Kabeln auch Metallband oder metallisiertes Papier verwendet werden. Zur Verbesserung der Schirmwirkung können mehrere Schirme übereinander aufgebracht sowie blanke Kupferdrähte unmittelbar unter die metallische Hülle und in metallener Verbindung mit dieser eingelegt sein.

B. Bauart und Prüfung der Drähte

§ 8

LP (UV)

Geeignet zur festen Verlegung in trockenen Räumen über Putz oder in Rohr unter Putz sowie zur Verlegung innerhalb und außerhalb der Gestelle, Vielfachumschalter usw. der Fernmeldeanlagen.

Der Leiter von 0,5, 0,6, 0,8, 1,0, 1,5 oder 1,8 mm Durchmesser ist mit einer Lackschicht überzogen, mit zwei Lagen Papier, Zellulose oder gleichwertigem Stoff umhüllt und mit einer Lage Baumwolle, Misch- oder Kunstfaser beflochten; die Beflechtung ist getränkt. LP (UV) können auch mehrfach verseilt sein.

Die Drähte müssen so beschaffen sein, daß ... (weiter wie bisher).

Die Drähte mit Leitern von 0,5 oder 0,6 mm Durchmesser ... (weiter wie bisher).

§ 10 A

SB (UV)

Wortlaut wie bisher § 10.

§ 10 B

Seidenlackdrähte

a) Bezeichnung: SL (UV)

Geeignet zur Verlegung innerhalb der Apparate und Gestelle der Fernmeldeanlagen.

Der Leiter aus einem Kupferdraht von 0,5 oder 0,6 mm Durchmesser ist mit zwei Lagen Kunstseide besponnen. Über der Bespinnung ist ein zusammenhängender, gut biegsamer und schwer entflammbarer Lacküberzug aufgebracht, der so beschaffen sein muß, daß er beim Biegen über einen Dorn von 5-fachem Drahtdurchmesser nicht bricht. Wenn Schaltverbindungen durch Löten hergestellt werden sollen, kann der Kupferleiter verzinnt sein. Die Drähte können auch mehrfach verseilt sein.

Die Drähte müssen so beschaffen sein, daß 5 m lange Stücke in trockenem Zustand einer Wechselspannung von 800 V bei 50 Hz zwischen den Leitern 10 min lang widerstehen. Bei Prüfung von Einfachdrähten sind zwei 5 m lange Stücke zusammenzudrehen.

b) Bezeichnung: LSL (UV)

Geeignet zur Verlegung innerhalb der Apparate und Gestelle der Fernmeldeanlagen, auch bei tropenmäßiger Beanspruchung.

Der Leiter aus einem Kupferdraht von 0,5 oder 0,6 mm Durchmesser ist mit einer Lackschicht überzogen und mit zwei Lagen Kunstseide besponnen. Über der Bespinnung ist ein zusammenhängender, gut biegsamer und schwer entflammbarer Lacküberzug aufgebracht, der so beschaffen sein muß, daß er beim Biegen über einen Dorn von 5-fachem Drahtdurchmesser nicht bricht. Wenn Schaltverbindungen durch Löten hergestellt werden sollen, kann der Kupferleiter verzinnt sein. Die Drähte können auch mehrfach verseilt sein.

Bei der Abnahme im Lieferwerk müssen die Drähte nach 4-tägigem Liegen in Luft von 80% relativer Feuchtigkeit einen Isolationswiderstand von mindestens 60 MΩ für 1 km Länge bei 20° aufweisen. Er wird mit einer Gleichspannung von 100 bis 200 V gemessen.

Außerdem müssen 5 m lange Stücke nach 4-tägigem Liegen in Luft von 80% relativer Feuchtigkeit einer Wechselspannung von 800 V bei 50 Hz zwischen den Leitern 10 min lang widerstehen. Bei Prüfung von Einfachdrähten sind zwei 5 m lange Stücke zusammenzudrehen.

c) Bezeichnung: LUL (UV)

Geeignet zur Verlegung in Rohr über oder unter Putz, mit Kupferleitern auch innerhalb der Apparate und Gestelle der Fernmeldeanlagen, auch bei tropenmäßiger Beanspruchung.

Der Leiter von 0,8, 1,0, 1,5 und 1,8 mm Durchmesser ist mit einer Lackschicht überzogen und mit Kunstseide beflochten. Über der Beflechtung ist ein zusammenhängender, gut biegsamer und schwer entflammbarer Lacküberzug aufgebracht, der so beschaffen sein muß, daß er beim Biegen über einen Dorn von 5-fachem Drahtdurchmesser nicht bricht. Wenn LUL (UV) als Schaltdraht verwendet und Schaltverbindungen durch Löten hergestellt werden sollen, kann der Kupferleiter verzinnt sein. Die Drähte können auch mehrfach verseilt sein.

Bei der Abnahme im Lieferwerk müssen die Drähte nach 4-tägigem Liegen in Luft von 80% relativer Feuchtigkeit einen Isolationswiderstand von mindestens 50 MΩ für 1 km Länge bei 20° aufweisen. Er wird mit einer Gleichspannung von 100 bis 200 V gemessen. Außerdem müssen 5 m lange Stücke nach 4-tägigem Liegen in Luft von 80% relativer Feuchtigkeit einer Wechselspannung von 800 V bei 50 Hz zwischen den Leitern 10 min lang widerstehen. Bei Prüfung von Einfachdrähten sind zwei 5 m lange Stücke zusammenzudrehen.

d) Bezeichnung: LSUL (UV)

Mit Leiter von 0,8 mm Durchmesser und darüber geeignet zur Verlegung in Rohr über oder unter Putz, mit Kupferleiter von 0,5 mm Durchmesser und darüber geeignet zur Verlegung innerhalb der Apparate und Gestelle der Fernmeldeanlagen, auch bei tropenmäßiger Beanspruchung.

Der Leiter von 0,8, 1,0, 1,5, 1,8 und 2,0 mm Durchmesser, bei Kupfer auch von 0,5 und 0,6 mm Durchmesser, ist mit einer Lackschicht überzogen, mit zwei Lagen Kunstseide besponnen und mit Kunstseide beflochten. Über der Beflechtung ist ein zusammenhängender, gut biegsamer und schwer entflammbarer Lacküberzug aufgebracht, der so beschaffen sein muß, daß er beim Biegen über einen Dorn von 5-fachem Drahtdurchmesser nicht bricht. Wenn der Draht als Schaltdraht verwendet und Schaltverbindungen durch Löten hergestellt werden sollen, kann der Kupferleiter verzinnt sein. Die Drähte können auch mehrfach verseilt sein.

Bei der Abnahme im Lieferwerk müssen die Drähte nach 4-tägigem Liegen in Luft von 80% relativer Feuchtigkeit einen Isolationswiderstand von mindestens 60 MΩ für je 1 km Länge bei 20° aufweisen. Er wird mit einer Gleichspannung von 100 bis 200 V gemessen.

Außerdem müssen 5 m lange Stücke nach 4-tägigem Liegen in Luft von 80% relativer Feuchtigkeit einer Wechselspannung von 1400 V bei 50 Hz zwischen den Leitern 10 min lang widerstehen. Bei Prüfung von Einfachdrähten sind zwei 5 m lange Stücke zusammenzudrehen.

C. Bauart und Prüfung der Kabel

I. Innenkabel

a) Innenkabel ohne Bleimantel

Geeignet zur festen Verlegung über Putz sowie zur Verlegung innerhalb und außerhalb der Gestelle, Vielfachumschalter usw. der Fernmeldeanlagen; Kabel nach §§ 11 und 12 nur in trockenen Räumen.

Leiterdurchmesser 0,5, 0,6, 0,8 und 1,0 mm, bei den Innenkabeln nach § 13 0,6, 0,8 und 1,0 mm.

Die zum Kabelkern verseilten Adern ... (weiter wie bisher)

§ 11

LPK (UV)

Die lackierten Leiter sind mit mindestens zwei Lagen Zellulose oder gleichwertigem Stoff besponnen. Die Adern sind einzeln oder ... (weiter wie bisher).

b) Innenkabel mit Bleimantel

Geeignet zur festen Verlegung über oder unter Putz sowie zur Verlegung innerhalb und außerhalb der Gestelle, Vielfachumschalter usw. der Fernmeldeanlagen (nicht zur unterirdischen Verlegung oder als Luftkabel).

Leiterdurchmesser 0,5, 0,6, 0,8 und 1,0 mm, bei den Innenkabeln nach § 16 0,6, 0,8 und 1,0 mm.

Die zum Kabelkern verseilten Adern ... (weiter wie bisher).

II. Außenkabel

In Tafel II wird das Wort „Jute" in „Faserstoff" geändert. Im übrigen werden die Benennungen in Abschnitt II den Änderungen VDE 0810c/XII. 40[5]) angepaßt.

5) ETZ 62 (1941) H. 5, S. 96.



RUNDSCHAU

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung

DK 551.594.9 : 621.311.1 : 621.314.2 (73/79)

Einwirkungen des magnetischen Sturmes vom 24. März 1940 auf Hochspannungsanlagen. [Nach W. F. Davidson, Edison electr. Inst. Bull. 8 (1940) S. 365; 2 S.]

Am Ostersonntag, dem 24. März 1940, machte sich in Amerika ein starker magnetischer Sturm bemerkbar[1]). Als Folge davon sind in einer Reihe von Hochspannungsanlagen Störungen aufgetreten. Die einheitliche Ursache dieser Störungen ist das Auftreten eines Gleichstromes zwischen weit voneinander entfernten Erdungspunkten. In einem Falle wurde die Größe dieses Stromes unmittelbar gemessen (25 A). Dieser Strom überlagert sich den Betriebswechselströmen und ruft dabei in Transformatoren und Wandlern Vormagnetisierungen hervor, durch die z. B. bei Stromwandlern die Kurve des Sekundärstromes erheblich verzerrt wird. Durch einen selbsttätigen Störungsoszillographen ist diese Art der Beeinflussung des Betriebes am Nullpunkt des Transformators unmittelbar beobachtet worden. Bei der in Amerika üblichen Anordnung dreier Einphasentransformatoren mit getrennten Kernen wirkt sich die Vormagnetisierung stark aus, so daß die induktive Blindleistung der Transformatoren erheblich zunimmt. In einer ganzen Anzahl von Netzen sind infolgedessen Erhöhungen der induktiven Blindlast mit starken Schwankungen beobachtet worden, deren Größe mit einer Schätzung der Ströme und der dadurch bedingten Vormagnetisierung etwa übereinstimmt. Die Schwankungen betragen bis zu etwa 30 MVA Blindleistung als Summe der Blindleistungserhöhungen vieler kleiner und weniger großer Transformatoren. In der Mehrzahl der Fälle machte sich der Sturm nur durch die mit diesen Blindleistungsschwankungen verbundenen Spannungsschwankungen bemerkbar. In einigen Fällen sind unmittelbare Betriebsstörungen dadurch entstanden, daß der Differentialschutz von Transformatoren ansprach. Diese Wirkung ist durch die Einwirkung auf die Stromwandler ohne weiteres verständlich. Der Zeitpunkt der Auslösungen ist bei verschiedenen Unternehmungen nahezu gleichzeitig gewesen und fällt mit dem Maximum des magnetischen Sturmes zusammen. Ein Wiedereinschalten war erst nach Abklingen des Sturmes möglich. [Anmerkung des Berichters: Abgesehen von den Auslösungen des Differentialschutzes dürften ähnliche Erscheinungen in Deutschland nicht beobachtet werden, da bei dreischenkliger Bauart der Transformatoren der überlagerte magnetische Gleichfluß nur gering sein kann, da sich der Fluß von Joch zu Joch über einen großen magnetischen Widerstand schließen muß. Nur bei Fünfschenkel-Transformatoren wären erhebliche Erhöhungen der Blindlast möglich.] *Sgn.*

Theoretische Elektrotechnik

DK 621.3.011.2 : 518

Graphische Ermittlung des resultierenden Widerstandes bei mehreren parallelen Widerständen.

Um den resultierenden Widerstand aus mehreren parallelgeschalteten Widerständen graphisch zu ermitteln, wurde ein einfaches Verfahren abgeleitet. Die mathematischen Zusammenhänge zeigt Bild 1. Nach den Gesetzen der analytischen Geometrie sind die beiden Widerstandsgeraden gegeben durch

$$y = -x \quad \text{und} \quad y = \frac{a}{b}x + a;$$

für ihren Schnittpunkt S gilt also:

$$\frac{a}{b}x + a = -x,$$

$$-x = \frac{a\,b}{a+b},$$

$$y = -x = \frac{a\,b}{a+b},$$

oder in anderer Schreibweise

$$R = \frac{r_1\,r_2}{r_1 + r_2}.$$

Das heißt: Wenn die Längen a und b von Bild 1 zwei parallel zu schaltenden Widerständen entsprechen, dann ist $\overline{Su} = \overline{Sv}$ der resultierende Widerstand. An ihn läßt sich im angrenzenden freien Feld des Koordinatensystems die Größe eines dritten Widerstandes anreihen und so fort.

[1]) s. a. dieses Heft S. 100.

Gegeben sei folgende Aufgabe: Auf eine Kurzschlußstelle fließen Ströme von fünf verschiedenen Stromquellen. Die Widerstände der Zuleitungen betragen:

$$r_1 = 8\,\Omega;\ r_2 = 5\,\Omega;\ r_3 = 5{,}5\,\Omega;\ r_4 = 1{,}6\,\Omega;\ r_5 = 8{,}2\,\Omega.$$

Wie groß ist der resultierende Widerstandswert an der gemeinschaftlichen Sammelschiene?

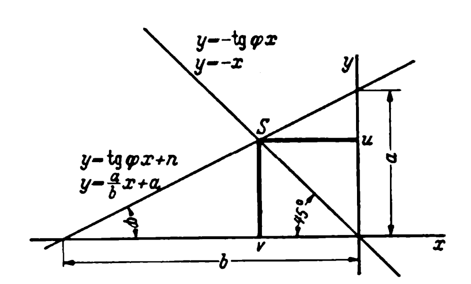


Bild 1. Ableitung der mathematischen Zusammenhänge.

Die graphische Lösung hierfür zeigt Bild 2. Zunächst sind die Widerstände von 8 und 5 Ω aufgetragen; sie ergeben den Schnittpunkt S_1. Daran angereiht ist der Widerstand von 5,5 Ω mit dem Schnittpunkt S_2; von dort ergibt sich über den Schnittpunkt S_3 der resultierende Wert $R \approx 0{,}77\ \Omega$. Die Genauigkeit des Verfahrens ist vom gewählten Längenmaßstab abhängig

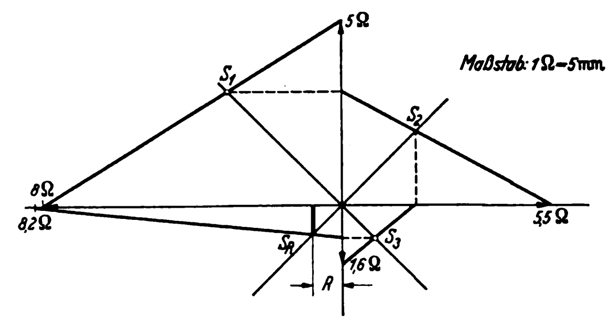


Bild 2. Graphische Lösung der betrachteten Aufgabe.

Diese Methode ist auch anwendbar zur Ermittelung der Gesamtkapazität mehrerer hintereinander geschalteter Kondensatoren. Ernst Koplin, Lörrach

Meßgeräte und Meßverfahren

DK 621.317.4

Über eine Meßeinrichtung für Dauermagnete mit unmittelbarer Kurvenaufzeichnung. [Nach W. Breitling, Arch. Elektrotechn. 35 (1941) S. 1; 22½ S., 21 B.]

Eine Meßeinrichtung für Dauermagnete sollte folgende Anforderungen erfüllen: 1. Verwendbarkeit für alle technisch vorkommenden Probenformen und -abmessungen, 2. genügende Meßgenauigkeit, 3. kurze Meßzeit, 4. große Handlichkeit und Bequemlichkeit und 5. möglichst unmittelbare Aufnahme von Zustandskurven. — Unter diesen Gesichtspunkten werden einleitend die verschiedenen Meßverfahren kurz erörtert. Die Meßeinrichtung besteht im wesentlichen aus einem verstellbaren Joch aus magnetisch weichem Eisen, einem Koordinatenschreiber zur photographischen Aufnahme der Zustandskurven und einem Drehspannungsteiler zur Erzeugung des veränderlichen Magnetisierungsstromes. Das Joch ist so konstruiert, daß die Polschuhflächen an die Endflächen der verschiedenartigsten Proben angelegt werden können. Durch große Querschnitte, kleinste Luftspalte und einen magnetisch weichen Werkstoff wurde erreicht, daß der magnetische Widerstand des Joches sehr klein ist, so daß die Feldstärke mit angegebener Genauigkeit aus Stromstärke und Windungszahl der Magnetisierungsspulen bestimmt werden kann. Der Fluß durch die Probe wird in bekannter Weise mittels Prüfspule und ballistischem Galvanometer gemessen.

Da die Feldstärke dem Magnetisierungsstrom proportional ist, kann zur Aufzeichnung der Zustandskurven im Koordinatenschreiber eine Oszillographenschleife verwendet werden. Als zweites Meßwerk des Koordinatenschreibers dient ein Kriech-

galvanometer, das infolge seiner starken Dämpfung, seinem kleinen Trägheitsmoment und der geringen Richtkraft den Flußänderungen unmittelbar folgt. Die beiden Meßwerke, deren Achsen senkrecht zueinander sind, steuern den Lichtstrahl des Koordinatenschreibers so, daß man auf der Mattscheibe bzw. dem photographischen Papier eine zweidimensionale Bewegung des Lichtpunktes erhält. Damit der Lichtfleck nicht auf dem photographischen Papier stehen bleibt und dort Überstrahlungen hervorruft, muß der Magnetisierungsstrom stetig geändert werden. Mit Rücksicht auf eine genügende Schwärzung des photographischen Papiers muß die Frequenz sehr klein sein. Dieser Wechselstrom wird einem Drehspannungsteiler entnommen. Die besondere Kurvenform, die wegen der gleichmäßigen Schwärzung anzustreben ist, wurde dadurch erreicht, daß die Drehzahl des Abnehmerbügels periodisch verändert wird. Eine Untersuchung der Fehler der Meßeinrichtung ergab für die Feldstärkemessung bis etwa 2,6% und für die Induktionsmessung unter 1%. Dazu kommen die Fehler durch die optische Verzeichnung im Koordinatenschreiber mit 1,2% bzw. 1,7%, die bei der Auswertung der Aufnahmen berücksichtigt werden können. Die Fehler der Meßwerke können praktisch vernachlässigt werden. Aufnahmen von Zustandskurven zeigen die Brauchbarkeit der Meßeinrichtung.

Elektrowärme

DK 621.362

Empfindlichkeit und Bemessung von einfachen Thermoumformern (Thermokreuzen). [Nach J. Fischer Arch. Elektrotechn. 35 (1941) H. 1, S. 23; 21½ S., 10 B.]

Der einfache Thermoumformer, dessen Urform das Thermokreuz ist, besteht aus einem Heizdraht und einem Thermoelement; beide Teile berühren einander ungefähr in ihren Mitten. Die Abhandlung verfolgt das Ziel, für dieses, insbesondere für Hochfrequenzmessungen wichtig gewordene Gerät eine umfassende und alle praktischen Gestaltungsfragen beantwortende quantitative Darstellung zu geben, soweit diese sich auf den Zusammenhang zwischen zu messender Größe und Ausschlag im angeschlossenen Gleichstromgerät beziehen. Die Aufgabe wird also nicht darin gesehen, lediglich eine formelmäßige Beschreibung der Erwärmungsvorgänge zu geben, vielmehr darüber hinaus quantitativ festzulegen, wie durch die geometrische Bemessung der Teile und die Auswahl der Baustoffe vorgeschriebene Bedingungen, z. B. hinsichtlich der Empfindlichkeit, erfüllt oder in den Grenzen der technischen Ausführbarkeit möglichst nahe erreicht werden können.

In den Grundlagen wird Wert darauf gelegt, für die Wärmeabgabe durch die Oberfläche Zahlenwerte mitzuteilen. Anschließend werden der stationäre Temperaturverlauf für das Thermoelement, für den Heizdraht und schließlich für den aus diesen beiden sich berührenden Teilen bestehenden Thermoumformer entwickelt und Empfindlichkeitsmaße definiert. Hierauf werden der Einfluß der Abmessungen des Thermoelementes und der Abmessungen des Heizdrahtes auf die Empfindlichkeitsmaße erörtert, ferner wird der Zusammenhang der Abmessungen mit dem elektrischen Widerstand und der Empfindlichkeit untersucht. Die günstigsten Verhältnisse, bei denen Höchstwerte eintreten, werden in allen diesen Fällen teils bei endlichen, teils bei unendlich kleinen oder unendlich großen Abmessungen erreicht; in diesen Fällen wird jeweils untersucht, wie nahe man den Grenzwerten bei erträglichen endlichen Abmessungen kommt. Anschließend wird der Einfluß des Übergangswiderstandes und des Peltier-Effektes auf die EMK des Thermoumformers gezeigt, schließlich wird der merkwürdige Einfluß des Peltier-Effektes auf den elektrischen Widerstand des Thermoumformers und den des einfachen Thermoelementes berechnet, wenn dieser mit Gleichstrom bei den beiden Stromrichtungen ermittelt wird.

Fernmeldetechnik

DK 551.594.9 : 621.395.74(73/79)

Wirkungen des magnetischen Sturmes vom 24. März 1940 auf das Fernmeldenetz. [Nach L. W. Germaine, Edison electr. Inst. Bull. 8 (1940) S. 367; 2 S., 2 B.]

Der magnetische Sturm vom Ostersonntag (24. III. 40), durch den auch in den Starkstromanlagen Störungen hervorgerufen wurden[1]), hat sich auch im Fernmeldenetz in Nordamerika sehr stark bemerkbar gemacht. In Übereinstimmung mit den Erwartungen ist die Wirkung besonders in den Gebieten hervorgetreten, wo der spezifische Widerstand des Erdreiches besonders hoch ist, weil die parallelgeschalteten Leitungen hier besonders viel Strom aufnehmen. Der Sturm war der stärkste seit etwa 20 Jahren. Zwischen den Stationen Minneapolis und Fargo wurden Spannungen bis zu 500 V beobachtet, doch dürften die wahren Spannungen noch höher gelegen haben und nur durch die Schutzeinrichtungen begrenzt worden sein. An den Stellen der stärksten Störungen waren bis zu 80% der ausgehenden Leitungen unbenutzbar. Auch der Rest war durch besonders hohen Geräuschpegel gestört. Die Störungen erstreckten sich zum Teil über mehrere Stunden. Unmittelbare Schäden sind nur in verhältnismäßig wenig Fällen beobachtet worden, doch wurden Schutzeinrichtungen in Hunderten von Fällen zum Ansprechen gebracht und mußten teilweise ersetzt werden. *Sgn.*

1) s. a. ETZ 62 (1941) S. 99.

Physik

DK 551.594.9

Magnetische Stürme. [Nach A. G. McNish, Edison electr. Inst. Bull. 8 (1940) S. 361; 4 S., 6 B.]

Aus Anlaß des großen magnetischen Sturmes vom 24. 3. 1940, der starke Störungen in Nachrichten- und Kraftleitungen hervorrief, gibt A. G. McNish einen Überblick über die im letzten Jahrhundert beobachteten großen magnetischen Stürme. Die folgende Tafel gibt die Schwankungen der Deklination in Minuten und der Horizontal- und Vertikalintensität in γ ($1\,\gamma = 0{,}000\,01$ Gauß).

Datum	1859	1872	1882	1903	1909	1921	1938	1940
Deklination	140	—	115	186	210	199	328	135
Horizontal-Intensität	700	960	1090	950	1500	1060	1900	2300
Vertikal-Intensität	400	—	1060	950	1100	1100	600	900

Die Tafel zeigt, wie vollkommen unregelmäßig die großen Stürme verteilt sind, während die normalen Schwankungen der erdmagnetischen Elemente der 11-jährigen Periode der Sonnenfleckentätigkeit ziemlich regelmäßig folgen. Jeder Sturm erstreckt sich über die ganze Erde. So zeigt das Einsetzen des Sturmes von 1921 in Amerika, Deutschland, Australien und China nur wenige Sekunden Unterschied. Ihre Stärke ist am kleinsten in der Nachbarschaft des Äquators und am größten in einem Abstand von 20° bis 30° von den magnetischen Polen, der Nordlichtzone. So konnte der drahtlose Verkehr zwischen Nordamerika und Europa während mehrerer magnetischer Stürme durch Umlegen über Südamerika aufrechterhalten werden. Die Zone der größten Störungen verschiebt sich allerdings oft nach niederen Breiten, äußerlich bemerkbar durch das Auftreten von Nordlichtern[1]). Die Ursache der Stürme ist in elektrischen Strömen oberhalb der Erdoberfläche zu suchen, die von Induktionsströmen innerhalb der Erde begleitet werden. Die Feldänderungen zerfallen in zwei Gruppen. Die erste ist symmetrisch zur magnetischen Achse der Erde und rührt wahrscheinlich von einem großen Ringstrom um die Erde her, dessen Radius mehrere Erdradien und dessen Stärke mehrere Millionen Ampere im Maximum beträgt. Obwohl der größere Teil der Energie eines magnetischen Sturmes in diesem hypothetischen Ringstrom enthalten ist, erfolgen doch die magnetischen Änderungen nicht so schnell, daß sie Spannungen induzieren, die unsere elektrischen Leitungen stark beeinflussen. Dies geschieht dagegen durch die nicht symmetrischen Feldänderungen, die mit ziemlicher Sicherheit von Strömen herrühren, die in der Nordlichtzone in der Atmosphäre kreisen. Ihre Höhe beträgt wahrscheinlich etwa 100 km, ihre Stärke kann 1 000 000 A übersteigen, Stromänderungen von 100 000 A/min sind beobachtet worden. Unmittelbar unter diesen Strömen haben die induzierten Spannungen ihr Maximum und fallen in etwa 650 km auf die Hälfte ab. Stromänderungen von 10 000 bis 15 000 A/s reichen nach der theoretischen Berechnung aus, um Störungen auf elektrischen Leitungen hervorzurufen (6 V/km). Die in einem magnetischen Sturm umgesetzte Energie ist ungeheuer groß; sie betrug im März 1940 schätzungsweise 2 Mrd kW während einer Zeit von 2 h, mehr als sämtliche Elektrizitätswerke der Erde liefern. Die Quelle dieser Energie ist die Sonne; wahrscheinlich werden zu gewissen Zeiten gewaltige Massen elektrisch geladener Teilchen von der Sonne ausgeschleudert und durch das magnetische Feld der Erde in die beiden oben geschilderten Bahnen abgelenkt. Es wäre möglich, die Wirkungen der magnetischen Stürme auf die elektrischen Leitungen durch Schutzmaßnahmen stark herabzusetzen. Die Kosten dieser Maßnahmen wären aber, da nach der obigen Zahlentafel im Durchschnitt nur alle 10 Jahre ein solcher Sturm zu erwarten ist, kaum wirtschaftlich. *Br.*

1) ETZ 40 (1939) S. 509.

AUS ERZEUGUNG UND VERBRAUCH

Elektrizitätswirtschaftliche Untersuchungen in einem Überlandwerk

Von Friedrich Brock VDE, Wien

DK 621.311.151/.153

Übersicht. Eine zusammenhängende Gruppe von 96 Gemeinden ländlichen Charakters wurde einer zehnjährigen meßtechnischen Stromverbrauchs-Analyse unterzogen. Die Messungen und Auswertungen zeigen deutlich die Auswirkung des Belastungsausgleiches innerhalb dieser Gruppe; ein Maß dafür bilden die Gleichzeitigkeitsfaktoren. Es ergibt sich dadurch die ganz verschiedene Bewertung des einzelnen Abnehmers einer solchen Gruppe und deren Gesamtheit. Der Einfluß dieses Belastungsausgleiches bzw. der Gleichzeitigkeitsfaktoren auf die Gestehungskosten wird festgestellt.

Elektrizitätswirtschaftliche Zusammenhänge

Der Wunsch nach einer möglichst gerechten Preisbildung für die Abnehmer elektrischer Arbeit bildet den Ausgangspunkt und das Ziel zahlreicher Untersuchungen. Die Erfassung der beweglichen Kosten je kWh (Arbeitskosten), ebenso der Kosten, die die Herstellung der Meß- bzw. Zählereinrichtung, deren Ablesung, die Rechnungsausstellung und den Geldeinzug verursachen (Verrechnungskosten), ist einfach; schwieriger ist die Ermittlung der festen Kosten (Leistungskosten), richtiger die gerechte Aufteilung der festen Kosten, die auflaufen und von der Anzahl der abgegebenen kWh unabhängig sind, die das Entgelt für die verlangte bzw. abgenommene Leistung (kW) darstellen. Hätte das Werk nur einen Abnehmer, so wäre dieser Betrag einfach zu ermitteln, da die festen Kosten alle Ausgaben umfassen, die neben den vorerwähnten zwei Kostengruppen entstehen, von denen der Kapitaldienst und die Erneuerungsrücklagen den Hauptanteil ausmachen. Wir haben es aber bei einem Elektrizitätsversorgungsunternehmen mit einer großen Anzahl von Abnehmern zu tun, die ihren maximalen Bedarf während des Jahres zu ganz verschiedenen Zeiten aufweisen, und zwar zu Zeiten, die sich mit dem Zeitpunkt, zu dem die größte Belastung im Werke auftritt, im allgemeinen nicht decken. Wir können nun Abnehmer zusammenfassen, die einen ähnlichen Belastungsverlauf aufweisen; aber auch deren Summenbelastung wird kleiner sein als die Summe der Einzelabnehmer einer solchen Gruppe, da auch die Maxima dieser Einzelabnehmer zu verschiedenen Zeiten auftreten, und auch das Maximum der Gruppe, die Gruppenhöchstlast, wird sich im allgemeinen zu einer Zeit einstellen, die nicht mit dem Maximum der Werkhöchstlast zusammenfällt.

Der Gleichzeitigkeitsfaktor und seine Ermittlung

Ein Maß für den Ausgleich der Belastungen, der sich in einer solchen Gruppe einstellt, bildet der Gleichzeitigkeitsfaktor, nach der heute üblichen Festlegung das Verhältnis der Gruppenhöchstlast zu der Summe der Höchstlasten der Einzelabnehmer. Sein reziproker Wert ist der Verschiedenheitsfaktor.

Versuche, die Ausgleichsvorgänge mathematisch zu erfassen, sind mehrfach gemacht worden[1]), aber Schnaus hat nachgewiesen[2]), daß dem Problem mathematisch nicht beizukommen ist, und sowohl er als auch Schneider sind dafür besonders eingetreten, daß durch meßtechnische Stromverbrauchs-Analysen Erfahrungswerte gewonnen werden sollen, die für die beabsichtigten Zwecke einer möglichst gerechten Aufteilung der festen Kosten auf die einzelnen Abnehmergruppen wertvoll sind, in die die Gesamtheit der Stromabnehmer zusammengefaßt werden muß.

In der Praxis wird für die Aufteilung der im Elektrizitätswerk auflaufenden festen Kosten auf verschiedene Abnehmergruppen die Belastung des Abnehmers bzw. der Abnehmergruppe zur Zeit der Werkhöchstlast zur Grundlage genommen[3]). Konsumanalysen, die solche Werte erkennen lassen, sind also besonders wertvoll, und wir besitzen heute bereits derartig gut brauchbare Unterlagen. Diese zu vervollständigen, ist der Zweck der hier vorliegenden Untersuchungen.

Zehnjährige Analyse eines ländlichen Versorgungsgebietes

1. Aufbau des Gebietes

Im Jahre 1926 bot sich die Möglichkeit, ein zusammenhängendes, in sich geschlossenes Stromversorgungsgebiet von 96 Gemeinden rein ländlichen Charakters in das Versorgungsnetz des von mir damals geleiteten Überlandwerkes mit rund 1000 Gemeinden, darunter Städte, Großindustrien, Gewerbe und Landwirtschaft, aufzunehmen. 90 % der angeschlossenen Ortschaften weisen eine Einwohnerzahl zwischen 500 und 1500 auf, 50 % haben bis zu 500 Einwohnern, 11 Gemeinden haben zwischen 2000 und 3000 Einwohnern und eine hat deren 4500. Alle diese Gemeinden befinden sich in wirtschaftlich ziemlich guten Verhältnissen. Da dieses Gebiet von zwei eigenen Speiseleitungen versorgt wird, war es möglich, durch Einbau besonderer Meßgeräte in Form selbsttätiger Schreibinstrumente in den Speisepunkten dasselbe meßtechnisch zu erfassen, eine Konsumanalyse durch 10 Jahre hindurch vorzunehmen und damit Werte zu erhalten, die für die elektrowirtschaftliche Kennzeichnung derartiger Gebiete Geltung haben dürften. Während der zwei Baujahre 1926 und 1927, die in den Zahlentafeln nicht enthalten sind, wurden 81 Gemeinden angeschlossen; in den folgenden Jahren bis 1937 stieg dann die Zahl auf 96 Gemeinden. Die ganz wenigen elektrisch versorgten industriellen Betriebe sowie einzelne Großgüter, große Lagerhäuser und größere Beregnungsanlagen konnten leicht besonders erfaßt werden und wurden beim Aufstellen der nachfolgenden Meßwerte ausgeschieden. Hingegen ist das ländliche Kleingewerbe, wie z. B. Bäckereien, Schlossereien, Schmiede, Tischler, Fleischer, inbegriffen, ebenso auch die landwirtschaftlichen Motoren zum Dreschen und auch Schrotmühlen sowie kleine Mahlmühlen.

2. Meßwerte und ihre Auswertung

Es kann gesagt werden, daß tatsächlich eine Gruppe von 96 Gemeinden mit überragend landwirtschaftlichem Charakter der Untersuchung unterzogen wurde. In den Tafeln 1, 2 und 3 finden sich die gemessenen und errech-

[1]) Siehe Brock, Gestehungskosten und Verkaufspreise elektrischer Arbeit. Verlag Julius Springer, S. 19.
[2]) ETZ 52 (1931) H. 13 u. 15.
[3]) Vgl. Brock, Gestehungskosten und Verkaufspreise elektrischer Arbeit. Verlag Julius Springer, S. 20.



Tafel 1. Aufbau und Hauptwerte des untersuchten ländlichen Versorgungsgebietes.

Jahr	1928	1929	1930	1931	1932	1933	1934	1935	1936	1937	im Mittel
Zahl der angeschlossenen Gemeinden	81	92	94	95	95	96	96	96	96	96	
Zahl der Einwohner sämtlicher Gemeinden	66 000	72 469	74 129	75 276	76 046	77 172	77 672	78 231	78 329	78 379	
Zahl der Einwohner im Durchschnitt je Gemeinde	815	788	789	792	800	804	809	815	816	816	
Zahl der Abnehmer elektrischer Arbeit sämtlicher Gemeinden	8 799	9 137	9 617	9 737	9 989	10 259	10 327	10 372	10 408	10 441	
Zahl der Abnehmer elektrischer Arbeit im Durchschnitt je Gemeinde	109	99	102	102	105	107	108	108	109	109	
Zahl der Häuser sämtlicher Gemeinden	12 500	13 844	14 200	15 104	15 804	16 968	17 468	18 476	18 476	18 476	
Zahl der Häuser, die in das Netz angeschlossen sind (%)	58	57	57	59	58	56	55	54	53	55	
Größe der bebauten Fläche in ha sämtlicher Gemeinden	74 430	81 720	83 510	83 510	83 510	84 280	84 280	84 280	84 280	84 280	
Größe der bebauten Fläche in ha im Durchschnitt je Gemeinde	919	888	888	879	879	878	878	878	878	878	
Anschlußwert in kW für Licht sämtlicher Gemeinden (Gruppenwert)	1 480	1 530	1 580	1 732	1 801	1 840	1 896	1 910	1 973	2 015	
Anschlußwert in kW für Kraft sämtlicher Gemeinden (Gruppenwert)	4 475	4 866	5 525	5 967	6 422	6 675	6 935	7 374	7 667	7 912	
Anschlußwert in kW für Licht und Kraft sämtlicher Gemeinden . . . L	5 955	6 396	7 105	7 699	8 223	8 515	8 831	9 284	9 640	9 927	
Anschlußwert in kW für Licht im Durchschnitt je Gemeinde . . . l_l	18	17	17	18	19	19	20	20	20	21	
Anschlußwert in kW für Kraft im Durchschnitt je Gemeinde . . . l_k	55	53	59	63	68	70	72	77	80	82	
Anschlußwert in kW für Licht und Kraft im Durchschnitt je Gemeinde . . . l	73	70	76	81	87	89	92	97	100	103	
Anschlußwert in kW je Abnehmer	0,68	0,70	0,74	0,79	0,82	0,85	0,86	0,89	0,93	0,95	0,82
Anschlußwert in kW je ha bebauter Fläche	0,08	0,08	0,09	0,09	0,10	0,10	0,10	0,11	0,11	0,12	0,10
Installierte Transformatorenleistung in kW	2 896	3 131	3 191	3 295	3 345	3 267	3 287	3 302	3 402	3 362	
Verhältnis der Transformatorenleistung zum Anschlußwert	1 : 2,1	1 : 2,0	1 : 2,2	1 : 2,3	1 : 2,5	1 : 2,6	1 : 2,7	1 : 2,8	1 : 2,8	1 : 3,0	1 : 2,5

Tafel 2. Meßergebnisse und Auswertung.

Jahr		1928	1929	1930	1931	1932	1933	1934	1935	1936	1937	im Mittel
Werkhöchstlast in kW	M_w	13 050	13 300	13 750	12 650	12 650	15 650	15 050	14 400	14 000	16 400	14 090
Höchstlast der Gruppe (sämtlicher Gemeinden) in kW	M	800	900	890	820	860	1 160	1 060	1 200	1 130	1 100	992
Höchstlast im Durchschnitt je Gemeinde in kW	m	10	10	9	9	9	12	11	12	12	11	10,5
Höchstlast je Anschlußwert in kW	$M/L = m/l$	0,13	0,14	0,12	0,11	0,10	0,13	0,12	0,12	0,12	0,11	0,12
Höchstlast je installiertes kW Transformatorleistung		0,27	0,29	0,28	0,25	0,26	0,35	0,32	0,36	0,33	0,33	0,30
Belastung (der Gruppe) zur Zeit der Werkhöchstlast (Spitzenanteil) in kW	N	290	600	650	350	389	580	575	700	705	720	555
Belastung zur Zeit der Werkhöchstlast im Durchschnitt je Gemeinde in kW	n	3,6	6,5	6,9	3,7	4,0	6,0	6,0	7,3	7,3	7,5	5,88
Belastung je Anschlußwert (zur Zeit der Werkhöchstlast) in kW	$N/L = n/l$	0,05	0,09	0,09	0,05	0,05	0,07	0,07	0,08	0,07	0,07	0,07
Jahresarbeit in kWh der Gruppe (sämtl. Gemeinden)	A	1 453 723	1 583 171	1 707 634	1 838 513	1 921 536	1 966 424	1 990 318	1 997 860	2 003 015	2 012 057	
Jahresarbeit in kWh im Durchschnitt je Gemeinde	a	17 947	17 208	18 166	19 353	20 227	20 484	20 732	20 811	20 865	20 983	
Jahresarbeit in kWh je Einwohner		22	21,9	23	24,4	25,2	25,4	25,6	25,6	25,6	25,6	24
Jahresarbeit je Abnehmer		165	173	178	189	192	192	192	192	192	193	186
Jahresarbeit in kWh Lichtabnahme	A_l	651 280	765 659	782 568	809 197	818 777	827 890	828 422	829 508	831 302	841 127	
Jahresarbeit in kWh Lichtabnahme je Einwohner		9,9	10,6	10,5	10,7	10,7	10,7	10,7	10,6	10,6	10,6	10
Jahresarbeit in kWh Lichtabnahme je Abnehmer		74	84	82	83	82	81	80	80	80	81	81
Jahresarbeit in kWh Kraftabnahme	A_k	802 443	817 512	925 066	1 029 316	1 102 759	1 138 534	1 161 896	1 168 352	1 171 713	1 170 930	
Jahresarbeit in kWh Kraftabnahme je Einwohner		12,1	11,3	12,5	13,7	14,5	14,7	14,9	15	15	15	14
Jahresarbeit in kWh Kraftabnahme je Abnehmer		91	89	96	106	110	111	112	112	112	112	105
Jahresarbeit in kWh je ha bebaute Fläche (Äcker und Wiesen)		19,5	19,4	20,4	22	23	23	24	24	24	24	22

Tafel 3. Elektrizitätswirtschaftliche Ergebnisse der Untersuchungen.

Jahr	1928	1929	1930	1931	1932	1933	1934	1935	1936	1937	im Mittel
Ausnutzungsdauer des Anschlußwertes in h für Licht	440	500	496	467	454	450	437	434	421	417	452
Ausnutzungsdauer des Anschlußwertes in h für Kraft	179	168	167	172	171	170	167	158	153	148	165
Ausnutzungsdauer des Anschlußwertes in h für Licht und Kraft im Mittel . . . $t_l = a/l$	246	246	239	239	232	230	225	215	209	204	228
Belastungsdauer der Höchstlast der Gruppe in h $t_m = a/m$	1 795	1 720	2 018	2 150	2 247	1 707	1 885	1 734	1 738	1 908	1 890
Belastungsdauer des Anteiles der Gruppe an der Werkhöchstlast in h . . . $t_n = a/n$	4 950	2 640	2 630	5 230	5 060	3 410	3 460	2 850	2 850	2 800	3 590
Ausnutzungsfaktor des Anschlußwertes $f_l = a/l\,h = t_l/h$	0,028	0,028	0,027	0,027	0,026	0,026	0,026	0,025	0,024	0,023	0,026
Belastungsfaktor der (Gruppen) Höchstlast $f_m = a/m\,h = t_m/h$	0,21	0,20	0,23	0,24	0,26	0,19	0,22	0,20	0,20	0,22	0,22
Belastungsfaktor des Anteiles der Gruppe an der Werkhöchstlast . . . $f_n = a/n\,h = t_n/h$	0,56	0,30	0,30	0,60	0,58	0,39	0,40	0,33	0,33	0,32	0,41

neten Werte, die für diese Konsumentengruppe von Wichtigkeit sind. Wenn auch innerhalb der zehnjährigen Beobachtung durch besondere Umstände, wie z. B. Druschverhältnisse, manche Werte voneinander abweichen und streuen, so ergeben sich doch gut brauchbare Mittelwerte. Die in den Tafeln verwendeten Buchstaben und Bezeichnungen entsprechen den Empfehlungen des Tarifausschusses der Vereinigung deutscher Elektrizitätswerke (VDEW) vom Jahre 1933[4]). Die von den in die Speiseleitungen eingebauten zwei Registrier-Meßinstrumenten aufgezeichneten Diagramme wurden aufeinandergelegt und so der Höchstlastwert M der gesamten Gruppe richtig ermittelt, ebenso auch der Wert N, die Belastung der Gruppe zur Zeit der Werkhöchstlast, der Spitzenanteil.

Aus der Tafel 2 sind zwei besonders wichtige Werte zu entnehmen: die Belastung, die die Gruppe zur Zeit der Werkhöchstlast aufweist (die sogenannte Spitzenverantwortlichkeit) N und das Verhältnis Spitzenanteil zum Anschlußwert N/L. Erstere beträgt im Mittel des zehnjährigen Durchschnittswertes 555 kW, und die Verhältniszahl Spitzenanteil je Anschlußwert 0,07, d. h. 1 kW Anschlußwert, ist nur mit 7 % an der Belastungsspitze beteiligt.

Die Tafel 3 enthält die aus 1 und 2 errechneten Werte, die Einblicke in die wirtschaftliche Seite ergeben und deutlich beweisen, wie falsch es wäre, die Stromabgabe einer einzelnen Gemeinde zur Grundlage für die Preisbildung zu nehmen. Würde man für die Gestehungskosten bzw. Preisbildung die Ausnutzungsdauer der Anschlußwerte, ja selbst der Höchstlasten der Gruppe zugrunde legen, so würde man viel zu hohe Werte erhalten und der Anschluß geradezu unerwünscht erscheinen, doch da die Belastung der Gruppe zur Zeit der Werkhöchstlast die ausschlaggebende Größe bleibt, zeigt es sich, daß durch den Belastungsausgleich das Bild verschoben wird und der Anschluß einer solchen Gruppe sehr erstrebenswert ist. Es ergibt sich, daß von 100 kW Anschlußwert nur rd. 7 kW in die Werkspitze fallen, und während die Ausnutzungsdauer des Anschlußwertes der Gruppe im Mittel 228 h beträgt, errechnet sich die Belastungsdauer des Anteiles an der Werkhöchstlast zu rd. 3600 h, oder mit andern Worten: 15 kW Anschlußwert ergeben erst 1 kW Spitzenanteil, so daß auf 1 kW Anschlußwert auch nur $^1/_{15}$ der festen Kosten entfällt, die 1 kW Kraftwerksleistung entsprechen. Die Belastungswerte N der Gruppe in kW zur Zeit der Werkspitze sind an den Speisepunkten gemessen; der auf die Werkhöchstlast selbst entfallende Anteil ist also um die Verluste größer, die die Transformierung und die Fortleitung bewirken. Für diese kann ein Wert von 10 % angenommen werden, so daß die auf die Werkhöchstlast entfallenden Anteile um 10 % größer sind als die gemessenen Werte N. Diese um 10 % vergrößerten Werte sind daher für die Anteilnahme an den festen Kosten in Rechnung zu stellen.

3. Folgerungen aus den Ergebnissen Werte des Gleichzeitigkeitsfaktors

Man muß also immer die Gruppenwerte berücksichtigen und nicht die Einzelabnahmen, da der Belastungsausgleich bedeutsam in Erscheinung tritt, und dies um so mehr, je kleiner die Benutzungsdauer des einzelnen Abnehmers ist, wie es hier der Fall ist. Es ist einleuchtend, welche Bedeutung diese Umstände in wirtschaftlicher Hinsicht haben.

Da die Transformatorenleistungen in den einzelnen Gemeinden im allgemeinen zur Zeit des Drusches voll in Anspruch genommen werden, kann das Verhältnis der Gruppenhöchstlast aller Gemeinden zur Summe der Transformatorenleistungen ein Maß für den Gleichzeitigkeitsfaktor der Gruppe bilden, wie in Tafel 2 ersichtlich gemacht ist; der Mittelwert desselben ist ungefähr 0,3. Das Verhältnis der installierten Transformatorleistung zur Summe der Anschlußwerte hat laut Tafel 1 den Wert 0,4. Das Produkt beider, 0,12, ist das Maß für den Gleichzeitigkeitsfaktor innerhalb der gesamten betrachteten Gruppe, auch gleich dem Verhältnis der Gruppenhöchstlast zur Summe der gesamten Anschlußwerte (nach Tafel 2 im Mittel gleich 0,12), denn

$$\frac{\text{Gruppenhöchstlast}}{\text{Summe der Transformatorleistungen}} \cdot \frac{\text{Summe der Transformatorleistungen}}{\text{Summe der Anschlußwerte}} = \frac{\text{Gruppenhöchstlast}}{\text{Summe der Anschlußwerte}} = \frac{M}{L} = \frac{m}{l}.$$

Der Belastungsausgleich innerhalb der betrachteten Gruppe vollzieht sich also in der Weise, daß ein Anschlußwert von 8,3 kW nur 1 kW zur Gruppenhöchstlast beiträgt.

Das Verhältnis des Spitzenanteiles N, der sogenannten Spitzenverantwortlichkeit der betrachteten Gruppe zur Höchstlast M derselben, hat einen mittleren Wert von 0,56, d. i. die Höchstlastziffer des Kraftwerkes nach der VDEW, und der Gesamtausgleich der Belastungen, der Gleichzeitigkeitsfaktor der ganzen Gruppe bis zur Kraftwerkhöchstlast, drückt sich in dem Wert $0{,}12 \times 0{,}56 = 0{,}07$ aus, denn

$$\frac{\text{Gruppenhöchstlast}}{\text{Summe der Anschlußwerte}} \cdot \frac{\text{Spitzenanteil (Spitzenverantwortlichkeit)}}{\text{Gruppenhöchstlast}} = \frac{\text{Spitzenanteil (Spitzenverantwortlichkeit)}}{\text{Summe der Anschlußwerte}} = \frac{N}{L} = \frac{n}{l}.$$

Auf die Bedeutung dieser Zahlenwerte für die Kostenberechnung wurde bereits hingewiesen und damit auch die Wichtigkeit dieser Gleichzeitigkeitsfaktoren gezeigt, wie dies auch am Schlusse des Aufsatzes in der Kostengleichung deutlich wird.

Bei der Art der Belastungen der Einzelabnehmer, wie sie in den hier der Untersuchung unterzogenen ländlichen Gemeinden vorliegt, kann der Anschlußwert wohl annähernd der von den Einzelabnehmern beanspruchten Höchstbelastung gleichgesetzt werden. Für den Kraftanschluß des ländlichen Betriebes, der weitaus überwiegt, ist wichtig, daß diese Kleinbetriebe nur einen Motor besitzen, der im allgemeinen dem Druschbedürfnis entspricht, und dessen Anschlußwert also voll in Anspruch genommen wird. Für die Lichtanschlüsse kann gesagt werden, daß beim ländlichen Kleinkonsum die wenigen angeschlossenen Lampen, vielfach nur eine Zimmer- und eine Stallampe, auch gleichzeitig zur Benutzung kommen, so daß der Anschlußwert vom Maximalbelastungswert nicht viel abweicht. Außerdem beträgt der Lichtanschluß nur den vierten Teil des Kraftanschlußwertes, so daß die Annahme, der Anschlußwert sei gleich dem Höchstwert der Belastung des Einzelabnehmers, ungefähr gelten kann und somit an Stelle der Summe der Einzelhöchstlasten auch die Summe der Anschlußwerte der Abnehmer gesetzt werden kann, wodurch der für den Gleichzeitigkeitsfaktor übliche Wert für das Verhältnis der Spitzenlast zu der Summe der Einzelhöchstlasten auch hier Geltung haben darf und andere Bezeichnungen, wie z. B. Gleichzeitigkeitsziffer oder Anschlußausnutzung, vermieden werden können.

Es darf also wenigstens für die Gruppe Kleinkonsum gesagt werden, daß, da der Anschlußwert immer bekannt ist, selten aber die Höchstlast des einzelnen Kleinabnehmers, der Gleichzeitigkeitsfaktor, der doch als Maß für den gesamten Belastungsausgleich anzusehen ist, als das Verhältnis der Gruppenhöchstlast zur Summe der Anschlußwerte angesehen werden kann. Der Gleichzeitigkeitsfaktor der einzelnen Gruppen untereinander bleibt weiter das Verhältnis der Werkhöchstlast zur Summe der Gruppenhöchstlasten. Diese Auffassung dürfte übrigens auch für andere Gruppen gelten, und wir würden von einem Gleichzeitigkeitsfaktor innerhalb einer Gruppe sprechen und von einem solchen der Gruppen unterein-

[4]) Elektrizitätswirtsch. 32 (1933) H. 15.

ander; für ersteren wäre die Summe der Anschlußwerte maßgebend, für letzteren hingegen die Summe der Gruppenhöchstlasten. Die Ausgleichvorgänge sind ja auch in diesen zwei Gebieten verschieden zu beurteilen: Während wir für eine bestimmte Gruppe immer eine entsprechend große Zahl von Abnehmern zusammenfassen, deren Abnahmekurven möglichst ähnlich sind, so daß die Höchstlastkurve das Ergebnis des Belastungsausgleiches innerhalb einer solchen Gruppe darstellt, ist der Belastungsausgleich zwischen diesen einzelnen Gruppen das Ergebnis von nur wenigen solchen Gruppenkurven, die aber untereinander keine ähnlichen Abnahmeverhältnisse aufweisen, da ja der Verwendungszweck der entnommenen elektrischen Arbeit ein ganz verschiedener ist.

In Tafel 3 kommt deutlich die Verschiedenheit der Bewertung des Einzelabnehmers für sich genommen und der ganzen Gruppe gleichartiger zusammengefaßter Abnehmer zum Ausdruck, wie sie durch den Belastungsausgleich eintritt. Während die Ausnutzungsdauer des kW-Anschlußwertes für Licht und Kraft sich im Durchschnitt mit 228 h im Jahre errechnet, d. s. 2,6 % der Jahresstundenzahl 8760, steigt die Belastungsdauer der Gruppenhöchstlast auf 1890 h bzw. 22 % und die des Anteiles der Gruppe an der Höchstlast auf 3590 h, d. s. 41 % von 8760.

Aufstellung der Kostengleichung zum Errechnen der Gestehungskosten

Mit den Werten l, n, m und a aus den Tafeln ist man in der Lage, die Gestehungskosten je kWh zu errechnen, nur muß man, um die Gestehungskosten beim Einzelabnehmer richtig zu erfassen, den jährlich auflaufenden Verrechnungskosten d je Abnehmer Rechnung tragen, die sich auf dessen Jahresabnahme verteilen, deren Mittelwert gleichfalls in Tafel 2 zu finden ist. Der Wert d ist also bekannt.

Bekannt sind auch die jährlichen festen Kosten, die jedes im Kraftwerk installierte kW verursacht; die Leistungskosten sind

$$k_z = K_z \frac{p}{100}\,^{5)};$$

darin bedeutet K_z den Kapitalaufwand je installiertes kW Leistung, p dessen jährlichen Zinsfuß einschließlich der neben dem eigentlichen Kapitaldienst auflaufenden festen Kosten im Kraftwerk.

Weiter sind die jährlichen festen Kosten je kW für die Hochspannungsfortleitung $k_H = K_H \frac{p'}{100}$ und die für die Niederspannungsfortleitung $k_N = K_N \frac{p''}{100}$ bekannt, wobei die Zinssätze p' und p'' wieder einschließlich der neben dem Kapitaldienst auflaufenden festen Kosten zu verstehen sind. Die gesamten jährlichen Gestehungskosten betragen sodann für einen Gruppenaufnehmer oder eine Gemeinde im Mittel

$$K_g = k_Z\, n + k_H\, m + k_N\, l + e\, a,$$

wenn mit e die veränderlichen Kosten je kWh, die Arbeitskosten, bezeichnet werden, und für die kWh:

$$k_g = \frac{k_Z\, n + k_H\, m + k_N\, l}{a} + e.$$

Unter Berücksichtigung der Verluste wird

$$k_g = \frac{k_Z\, n\left(1 + \frac{v}{100}\right) + k_H\, m\left(1 + \frac{v'}{100}\right) + k_N\, l}{a} + e\left(1 + \frac{v''}{100}\right).$$

Für den einzelnen Abnehmer in einer Gemeinde kommen nach dem oben Gesagten je kWh noch hinzu d/a_v, wobei a_v dessen jährliche Abnahme bedeutet, und unter Einführung der Ausnutzungsdauer $t_l = a/l$ (Tafel 3) nimmt die Gleichung die Form an:

$$k_g = \frac{1}{t_l}\left[k_Z \frac{n}{l}\left(1 + \frac{v}{100}\right) + k_H \frac{m}{l}\left(1 + \frac{v'}{100}\right) + k_N\right] + \frac{d}{a_v} + e\left(1 + \frac{v''}{100}\right).$$

Zusammenfassung

Es ist mit den in den Tafeln enthaltenen Werten möglich, für eine derartige Gruppe ländlicher Gemeinden eine Schätzung des voraussichtlichen Anschlußwertes und der jährlichen elektrischen Arbeit vorzunehmen, sowie die zur Zeit der Höchstleistung im Kraftwerk zu erwartende und durch die anzuschließende Gruppe bedingte Leistung im Verhältnis zu ihrem Anschlußwerte zu bestimmen. Ebenso läßt sich auch der für die Bemessung der Umformer- und Netzanlagen in Ansatz zu bringende Wert entnehmen. Dadurch ist es auch möglich, die Gestehungskosten je kWh für eine Gemeinde oder für den Einzelabnehmer zu errechnen, wobei der Anteil an den festen Kosten entsprechend der zur Zeit der Werkhöchstlast von der Gruppe herrührenden Belastung berechnet wird. In der Kostengleichung wird der Einfluß der Gleichzeitigkeitsfaktoren deutlich erkennbar.

[5] Vgl. Brock, Gestehungskosten und Verkaufspreise elektrischer Arbeit. Verlag Julius Springer, S. 12, 16 u. 17.

Patenterstreckung DK 347.77

Verordnung vom 18. Juli 1940. Deutsche Patente, Gebrauchsmuster, eingetragene Muster und Modelle haben Geltung in den Gebieten Eupen, Malmedy und Moresnet. Ältere Rechte bleiben jedoch bestehen.

Verordnung vom 20. Juli 1940. Erstreckung der Reichspatente und Reichsgebrauchsmuster auf das Protektorat Böhmen und Mähren. Vom 31. Juli 1940 können Patente beim Patentamt in Prag nicht mehr angemeldet werden. Für Patentstreitsachen ist das deutsche Landgericht in Prag zuständig. Auf die vom Patentamt in Prag erteilten Patente ist § 8 des deutschen Patentgesetzes anzuwenden.

Verordnung vom 27. Juli 1940. Erstreckung der deutschen Patente, die aus einer vor dem 15. Mai 1938 beim Reichspatentamt erfolgten Anmeldung hervorgegangen sind oder noch hervorgehen werden, auf die Reichsgaue der Ostmark und der sudetendeutschen Gebiete sowie auf das Gebiet der ehemaligen freien Stadt Danzig. Patente ostmärkischen Ursprungs erstrecken sich vom 1. Oktober 1940 ab auch auf das Altreich.

Vom 1. Oktober 1940 ab gilt das deutsche Patent- und Gebrauchsmustergesetz auch in der Ostmark und findet auch auf die Patente ostmärkischen Ursprungs Anwendung.

Die Erstreckung tritt in bestimmten in der Verordnung näher bezeichneten Fällen nicht ein.

Auch die Patentdauer ist vereinheitlicht, insofern als auch die Patente ostmärkischen Ursprungs 18 Jahre, gerechnet vom Tage der Anmeldung ab, dauern, jedoch kann der zuständige Reichsminister auf Antrag aus Billigkeitsgründen die Dauer solcher Patente verlängern.

Für gleiche Patente deutschen und ostmärkischen Ursprungs kann auf Antrag zur Vermeidung mehrfacher Gebührenbelastung Zusammenschreibung erfolgen.

Für Patentstreitsachen in den Reichsgauen der Ostmark ist das Landgericht Wien zuständig.

Bezüglich des Wortlautes der Verordnungen und der näheren Bestimmungen sei auf das Blatt für Patent-, Muster- und Zeichenwesen vom 22. August 1940 Heft 7/8 und auf den soeben erschienenen Kommentar von Georg Klauer, Präsident des Reichspatentamts, Die Vereinheitlichung des Patentwesens, Berlin 1940, Verlag Franz Vahlen, verwiesen. *Am.*

VERSCHIEDENES

BEKANNTMACHUNGEN

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker (Eingetragener Verein)

Fernsprecher: 30 06 31 — Postscheckkonto: Berlin 213 12
Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 181 00
Postscheckkonto der ETZ-Verlag GmbH.: Berlin 223 84

Drähte und Kabel

Der Ausschuß für Drähte und Kabel hatte Entwürfe zu Änderungen von

VDE 0810 „Vorschriften für isolierte Leitungen in Fernmeldeanlagen"

und

VDE 0810 U „Umstell-Vorschriften für isolierte Leitungen in Fernmeldeanlagen"

ausgearbeitet, die in ETZ 61 (1940) H. 24, S. 555 veröffentlicht waren. Auf Grund der eingegangenen Einsprüche wurden einige Ergänzungen und Änderungen vorgenommen, die in ETZ 61 (1940) H. 5, S. 95 abgedruckt sind.

Der damit vorliegende endgültige Wortlaut der Änderungen ist vom Vorsitzenden des VDE im Dezember 1940 genehmigt worden und tritt am 1. Februar 1941 in Kraft.

Freileitungen

Berichtigung

VDE 0210g/XII.40 „Vorschriften für den Bau von Starkstromfreileitungen".

An der in ETZ 62 (1941) H. 3, S. 49 veröffentlichten Fassung von VDE 0210g/XII.40 ist folgende Berichtigung vorzunehmen:

§ 20

Allgemeines

Der 2. Satz unter e) muß lauten:

„Gegen Fäulnis nicht geschützte Maste sind nur in Verbindung mit Erdfüßen zulässig [siehe § 30a)]."

Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.
Der Geschäftsführer
Viefhaus

Bezirk Berlin

vormals Elektrotechnischer Verein
(Gegründet 1879)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 I, VDE-Haus
Fernsprecher: 30 06 31

Jahresversammlung

am Mittwoch, dem 12. Februar 1941, 18^{00}, im Großen Hörsaal des Physikalischen Instituts der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Kurfürstenallee 20—22.

Tagesordnung:

1. Geschäftliche Mitteilungen
2. Jahresbericht
3. Wahl der Rechnungsprüfer für die Prüfung des Geschäftsjahres 1940
4. Vortrag des Herrn Reg.-Rat Dr. E. Justi, Berlin, über das Thema:
   „Elektrischer Leitungsmechanismus und Supraleitfähigkeit der Metalle"
   (mit Vorführung von einigen in Gemeinschaft mit Herrn Reg.-Rat Dr. Scheffers und Dr. Reinhart Schulze entwickelten Versuchen; vgl. a. W. Meißner, ETZ 60 (1939) S. 333).

Eintritt und Kleiderablage frei.

Fachversammlung

des Fachgebietes „Theoretische Elektrotechnik".
Leiter: Direktor Professor K. Küpfmüller VDE.

Vortrag

des Herrn Dr. H. Buchholz, Berlin, am Dienstag, dem 4. Februar 1941, um 18^{00} in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Hörsaal HG 25, über das Thema:

„Die Fortpflanzung elektromagnetischer Wellen in Hohlleiterkabeln"

Inhaltsangabe:

Hohlleiterwellen in rechteckigen Querschnitten — Fortpflanzungskonstante und Dämpfungskonstante der Wellen — Feldlinienverlauf im Hohlleiter — Einfluß des Dielektrikums — Der Einschaltvorgang der Wellen.

Eintritt und Kleiderablage frei.

Fachversammlung

des Fachgebietes „Funktechnik und Verstärkertechnik".
Leiter: Professor Dr. phil. H. Faßbender VDE.

Vortrag

des Herrn Postrat Dipl.-Ing. E. Eisele, Berlin, am Dienstag, dem 11. Februar 1941, um 18^{00} in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Hörsaal HG 25, über das Thema:

„Drahtfunkmeßtechnik".

Eintritt und Kleiderablage frei.

Arbeitsgemeinschaften (Technischer Nachwuchs)

Die Teilnahme ist frei. — VDE-Mitgliedschaft ist nicht Bedingung.

Kabel und Leitungen. Leiter: Obering. Dipl.-Ing. O. Gasser VDE.
3. Februar 1941, 18^{00}, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. „Seekabel". Vortragender: Postrat Dipl.-Ing. W. Riehl.

Elektrische Bahnen. Leiter: Reg.-Baurat Dr.-Ing. habil. H. Kother VDE.
4. Februar 1941, 18^{00}, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. Vortragsreihe: Ortsfeste Anlagen des elektrischen Zugbetriebes. 2. Teil: Ausführungen ortsfester Anlagen des elektrischen Zugbetriebes. „Umformer, Umrichter und Umspannwerke". Vortragender: Reichsbahnrat Dipl.-Ing. Krienitz.

Stromrichter. Leiter: Dr.-Ing. habil. W. Schilling VDE.
5. Februar 1941, 18^{00}, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. Vortragsreihe: Gittersteuertechnik der Stromrichter. „Technische Physik der Steuerung von Gasentladungsgefäßen". Vortragender: Dr. phil. A. Glaser VDE.

Elektrophysik. Leiter: Dr.-Ing. F. Hauffe VDE.
6. Februar 1941, 18^{00}, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. Vortragsreihe: Physik und Technik des Tonfilms. „Bildtechnik". In Zusammenarbeit mit der Deutschen Kinotechnischen Gesellschaft. Vortragender: Dr. A. Koch.

VDE Bezirk Berlin
vormals Elektrotechnischer Verein
Der Geschäftsführer
Burghoff

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker

Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus



Einrichtung neuer Betriebsstätten, Verlegung von Betriebsstätten oder Übertragung der Zeichengenehmigung auf andere Firmen

Die Prüfstelle hat Veranlassung, die Inhaber von Zeichengenehmigungen darauf hinzuweisen, daß die Erlaubnis zur Be-



nützung eines Verbandszeichens nur für diejenige Firma und für diejenigen Betriebsstätten sowie für diejenigen Gegenstände gilt, welche im Genehmigungsausweis angeführt sind. Bei beabsichtigter Verlegung einer Betriebsstätte oder bei beabsichtigter Übertragung der Firma auf eine andere Firma oder einen anderen Firmeninhaber hat der Genehmigungsinhaber der Prüfstelle rechtzeitig Mitteilung zu machen. Die Zeichengenehmigung kann nur von der Prüfstelle selbst auf Dritte übertragen werden.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker
Dall

Sitzungskalender

VDE Bezirk Mittelhessen, Frankfurt a. M. 5. 2. (Mi) 19³⁰, Kunstgewerbeschule: „Über einige Methoden der Frequenzmessung im Gebiet von 10 bis 1000 Hz". Dr. A. Gastell VDE.

BRIEFE AN DIE ETZ

(Der Abdruck eingehender Briefe erfolgt nach dem Ermessen der Wissenschaftlichen Leitung und ohne deren Verbindlichkeit.)

DK 621.315.622.8

Bemerkungen zu dem Aufsatz von Herrn P. Hochhäusler VDE: „Die Wirkung von Schutzarmaturen an Langstabisolatoren" in ETZ 61 (1940) S. 891

Herr Hochhäusler bringt an verschiedenen Stellen seines Aufsatzes Hinweise auf meine Veröffentlichungen in den Hescho-Mitteilungen, Heft 78/79, über „grundlegende Versuche an Langstabisolatoren aus Porzellan". Da die Hescho-Mitteilungen nicht allen Lesern der ETZ zugänglich sein werden, halte ich eine Stellungnahme zu den Ausführungen des Herrn Hochhäusler für notwendig:

Die von mir angestellten Lichtbogenversuche wurden bewußt mit großen Lichtbogenströmen von einigen 100 bis 1000 A — gegenüber Strömen von 0,1 bis 0,5 A bei den von Herrn Hochhäusler in der ETZ veröffentlichten Versuchen — vorgenommen. Anregung dazu gaben die praktischen Leitungserfahrungen mit Kurzschlußlichtbögen hoher Stromstärke, die bei fehlenden oder unzweckmäßig ausgebildeten Schutzarmaturen trotz kurz eingestellter Relais-Abschaltzeiten zu ernsten Beschädigungen der Isolation führten. Lichtbögen dieser Stromstärken können als bewegliche, stromdurchflossene Leiter aufgefaßt werden, die wenigstens in der Nähe der Lichtbogenfußpunkte im wesentlichen nach den bekannten elektrodynamischen Gesetzen bewegt werden. Einfache und in der Praxis brauchbare Regeln für die Lichtbogenbewegung an Schutzarmaturen sind unterdessen in der Literatur[1]) an mehreren Stellen angegeben worden. Sie sind versuchsmäßig und theoretisch so weit untermauert, daß die in meinen Versuchen erwähnten Lichtbogenansatzpunkte an der Kappe keineswegs zu irgendwelchen Zweifeln Anlaß geben. Solche Ansatzpunkte müssen entstehen, wenn die zur Nachahmung der Isolatorenverschmutzung angewendete Oberflächenzündung gebraucht wird, so daß der Lichtbogen im ersten Augenblick unvermeidlich an den Isolatorenkappen ansetzt. Außerdem können Lichtbogenansatzpunkte an der Kappe dann auftreten, wenn die durch Wind leicht bewegliche Lichtbogenfahne die Kappen berührt. Dieser letztere Vorgang hat übrigens nichts mit dem von Herrn Hochhäusler auf S. 893 geschilderten Wiederzünden an anderen nicht vorionisierten Strecken der Schutzarmatur zu tun.

Um die bei Hochstromversuchen im Laboratorium übliche Lichtbogenzündung durch einen dünnen Kupferdraht zu vermeiden, wird bei den Versuchen des Herrn Hochhäusler „die volle Spannung eines 500 kV-Transformators" auf den Isolator gegeben. Leider ist Näheres über die Versuchsanordnung, die Leistung des Prüfaggregates usw. nicht gesagt, so daß man sich nicht vorstellen kann, wie es erreicht wurde, daß eine Zündung des Lichtbogens im Spannungsmaximum erfolgte, obwohl Isolatoren der Reihe 45 oder 60 nur Überschlagsspannungen von etwa 150 bis 200 kV besitzen und infolgedessen die Spannung nach Erreichen dieser Werte bereits zusammenbricht.

Herr Hochhäusler weist in der Zusammenfassung selbst darauf hin, daß es „nicht sicher ist, ob die Erdschlußrestströme bei Lichtbogenbildung auf die untersuchten Werte zurückgehen". Außerdem können die in den Versuchen gewählten Ströme deshalb den praktischen Verhältnissen nicht entsprechen, weil die Lichtbogenspannung bis zu 60 kV ermittelt wurde, während in den 45 und 60 kV-Leitungen, deren Isolatoren vom Verfasser untersucht wurden, nur Sternspannungen von $45/\sqrt{3} = 26$, bzw. $60/\sqrt{3} = 35$ kV möglich sind.

Der senkrecht nach oben „schlängelnde" Lichtbogen ist nur bei absoluter Windstille möglich, die im Freien beinahe niemals vorhanden ist. Die Bilder 2 und 4 sind also nur dann objektiv vergleichbar, wenn in beiden Fällen auf die Windverhältnisse genau geachtet wurde.

Bei den Versuchen des Herrn Hochhäusler war es wegen der viel zu geringen Stromstärken verständlicherweise nicht möglich, die Porzellanknüppel zu zerstören. Weshalb ist es dann überhaupt nötig, besondere Lichtbogenschutzarmaturen zu entwickeln, die dazu noch auf den ersten Blick eine Reihe praktischer Nachteile erkennen lassen (regen-, schmutz-, schneesammelnde Wirkung der oberen Schutzarmatur, großer Metallbedarf, Vogelniststätte).

Hermsdorf (Thür.), 7. 10. 1940. F. Obenaus VDE

Über die in dem genannten Aufsatz behandelten Langstabisolatoren liegen an anderen Stellen über 3jährige Betriebserfahrungen vor. Die dabei gemachten Beobachtungen über das Verhalten der bekannten Schutzhornkreuzarmatur sowie die zuvor und zwischenzeitlich ausgeführten weiteren Versuche mit Hochleistungslichtbogen sind eine zuverlässige Bestätigung für die Betriebssicherheit der Gesamtkonstruktion. Dies stellt in Netzen mit 30 kV bis 110 kV, für die Langstabisolatoren verwendet werden, bei den kleinstmöglichen sowie größten Strömen einen wirksamen Lichtbogenschutz für das keramische Material dar. Diesen Erfahrungen sowie den Tatsachen, die durch eingehende Versuche im gefährlichen Stromstärkebereich von 500 und 1000 A erhärtet wurden, stellt Herr Hochhäusler seine Vermutungen gegenüber, die sich auf Versuche an den kleinen Laboratoriumsströmen von 0,2 bis 0,3 A stützen. Als gefährlich nimmt Herr Hochhäusler Restströme an, die etwa 5 A betragen und sekunden- oder minutenlang aufrechterhalten bleiben. Abgesehen davon, daß die Löschung praktisch innerhalb wesentlich kürzerer Zeit erfolgen wird, wurden diese Ströme besonderen Versuchen zugrunde gelegt. Danach sind 5 A- und ähnliche Ströme für die Hochspannungs-Isolatoren nach Erfahrungen mit verschiedenen bekannten Fabrikaten völlig ungefährlich. Die von Herrn Hochhäusler bereits bei 0,2 bis 0,3 A erhaltenen Glasurbeschädigungen müssen als eine einmalige Seltenheit angesehen werden und geben nicht den geringsten Anlaß zu einer verallgemeinernden Schlußfolgerung.

Weiter haben sich Herrn Hochhäuslers Vermutungen über das Verhalten des Lichtbogens im Bereich von 5 A- oder ähnlichen Strömen an der von ihm befürworteten Trichterarmatur nicht im geringsten bestätigen lassen. Der Lichtbogen verhält sich dabei vollkommen instabil, er setzt sich gern am inneren Trichterrand dicht neben dem Porzellan fest, was bei größeren Stromstärken besonders gefährlich ist. Er wandert in der Trichterfläche hin und her, steigt an der oberen Armatur hinauf, bleibt manchmal am äußeren Rand, läuft wieder zurück in die Trichterfläche, auch bis an den inneren Rand, hüllt den Isolator wieder ein usw. Diese Beobachtungen wurden mehrfach sowohl am sauberen als auch am verschmutzten und beregneten Isolator gemacht, auch nach Einleitung des Lichtbogens durch Überschlag.

Die Wirksamkeit der Schutzarmaturen auf den Leitungen wird infolge der glücklicherweise verhältnismäßig geringen Zahl von Überschlägen so selten — und dann meist an unbeobachteten Masten — auf die Probe gestellt, daß einwandfreie Vergleichsergebnisse erst nach langen Zeiten erhalten werden können. Wenn dagegen systematische Untersuchungen die Richtlinien für die Lenkung von Lichtbögen, insbesondere im Bereich der gefährlichen Stromstärken, zeigen, dann ist es selbstverständlich, daß man daraus die praktische Nutzanwendung zieht.

Wunsiedel, 8. 10. 1940. K. Schaudinn VDE

Der Verfasser behandelt die Gefährdung von Langstabisolatoren durch Erdschlußlichtbogen und die Wirksamkeit von Lichtbogenschutzarmaturen. Die veröffentlichten Erkenntnisse stützen sich auf Versuche an Langstabisolatoren mit Lichtbogenströmen von 0,1 bis 0,5 A, wobei die Isolatoren diesen Lichtbögen 30 bis 60 s ausgesetzt wurden. Der Verfasser vertritt die Ansicht, daß damit die bei Erdschlüssen in kompensierten Netzen vorhandenen Verhältnisse als nahezu gegeben betrachtet werden können. Es steht demgegenüber fest, daß Restströme dieser Größe, wenn sie praktisch vorkommen sollten, sofort mit Sicherheit gelöscht würden; eine Dauereinwirkung ist ausgeschlossen. Auch die Erdschlußlichtbögen

[1]) F. Obenaus, Freiluftisolatoren in dem demnächst erscheinenden Buch von Schumann: „Fortschritte der Hochspannungstechnik". — H. Boeke, ‚Eine rundfunk- und abbrandsichere Lichtbogenschutzausrüstung für Mehrrohrdurchführungen" Hescho-Mitt. (1940) H. 81. — H. Freiberger, „Lichtbogenwanderung in Schaltanlagen" ETZ 61 (1940) S. 865.

Außerdem wird schon jetzt auf den in Kürze in dieser Zeitschrift erscheinenden Bericht des Herrn Ziegler über weitere großangelegte Lichtbogenversuche hingewiesen.



mit höherer Stromstärke, die in Anbetracht des zulässigen Verstimmungsgrades und der Ausdehnung der vorhandenen kompensierten Netze der Wirklichkeit eher entsprechen, werden, wie zahlreiche Versuche beweisen, in wenigen Halbwellen gelöscht. Ich verweise z. B. auf das Oszillogramm in der ETZ 52 (1931) H. 48, S. 1468, Bild 9, das die Löschung eines Lichtbogenerdschlusses in 0,07 s bei einem Reststrom von 12 A zeigt; der Erdschlußstrom des voll eingeschalteten 100 kV-Netzes betrug 114 A und wurde durch eine Löscheinrichtung für 102 A kompensiert.

Die Aufrechterhaltung eines Lichtbogens von 0,5 A über eine längere Zeit ist für das behandelte Problem der Lichtbogensicherheit von Langstabisolatoren ohne Bedeutung. Die auf Grund dieser Voraussetzungen gewonnenen Erkenntnisse haben daher kein Interesse für die Praxis.

Mannheim, 14. 10. 1940. H. Happoldt VDE

Zu den von Herrn Hochhäusler durchgeführten Überschlagsversuchen an Langstabisolatoren ist vom Standpunkt der Praxis aus folgendes zu bemerken:

1. Überschlagsversuche mit Stromstärken von 0,1 bis 0,3 A haben nur theoretischen Wert, da in der Praxis selbst in best kompensierten Netzen kleinsten Umfanges der Erdschluß-Reststrom bedeutend größer ist.

   Aus bekannten Gründen muß stets mit etwa 5% Erdschlußreststrom gerechnet werden. Bei ausgedehnten 100 kV-Netzen mit mehreren hundert A Erdschlußstrom entspricht dies Erdschluß-Restströmen von 10 A aufwärts. Der am Schluß des Aufsatzes ausgesprochene Zweifel, ob die Erdschluß-Restströme auf die untersuchten Werte zurückgehen, ist demnach sehr berechtigt.

2. Das längere Stehenbleiben stromschwacher Lichtbögen, wie sie von Herrn H. untersucht wurden, ist in der Praxis ausgeschlossen: Der beispielsweise von einer Gewitterstoßspannung gezündete Erdschluß-Lichtbogen erlischt in kompensierten Netzen nach wenigen Halbwellen. Ein Stehenbleiben des Lichtbogens ist nur bei schlechter Kompensierung (nach Versuchen in einem Netz mit mehreren 100 A Erdschlußstrom erst bei Restströmen von etwa 10% des Erdschlußstromes ab) oder bei Übergang zu Doppelerdschluß zu befürchten.

3. Die von Herrn H. im ersten Teil des Aufsatzes geäußerte Ansicht, daß ein Kurzschluß-Lichtbogen keine thermischen Einwirkungen auf das Isolatoren-Porzellan habe, steht im Widerspruch zu den Erfahrungen der Praxis: Trotz der kurzen Abschaltzeiten moderner Schutzrelais und Leistungsschalter treten erfahrungsgemäß bei allen Isolatorenarten, sofern nicht Schutzarmaturen neuester Ausführung (z. B. Schutzhornkreuze) eingebaut sind, häufig thermische Beschädigungen am Porzellan auf. Beim Fehlen geeigneter Armaturen muß sogar Kettenbruch befürchtet werden.

   Auf Grund der Betriebserfahrungen erscheint es deshalb richtig, die Schutzarmaturen in erster Linie für hohe Ströme zu bemessen.

München, 18. 10. 1940. H. Meyer VDE

An den von Herrn Hochhäusler vorgeschlagenen Trichterarmaturen wurden von einer aus den Firmen BBC, Mannheim, Hescho, Hermsdorf, Rosenthal-Isolatoren GmbH., Selb und Stemag, Holenbrunn bestehenden Arbeitsgemeinschaft umfangreiche Lichtbogenversuche vorgenommen. Die Versuche erstreckten sich auf den Bereich der Lichtbogenstromstärken von 0,6 bis 100 A und wurden unter allen praktisch vorkommenden Betriebsverhältnissen der Isolatoren (trocken, beregnet; sauber, verschmutzt; ohne Wind, mit Wind) sowohl bei Zündung des Lichtbogens durch Zünddraht als auch bei reiner Überschlagszündung durchgeführt. Als Versuchsisolatoren dienten Motor-Langstab-Isolatoren verschiedener Baugrößen. Diese Versuche haben die von Herrn Hochhäusler angegebene Wirkung der Trichterarmaturen **nicht bestätigt** und den Nachweis erbracht, daß ein sicherer Lichtbogenschutz mit derartigen Armaturen keineswegs erreichbar ist. Die bei den Versuchen aufgenommenen Filme lassen eindeutig den sehr unregelmäßigen und ungünstigen Ablauf des Lichtbogens erkennen. Die von Herrn Hochhäusler in der Zusammenfassung seines Aufsatzes mit Rücksicht auf fehlende Untersuchungen mit Lichtbogenstromstärken über 0,5 A offen gelassene Frage über die Bedeutung der Trichterarmaturen für die Praxis kann daher auf Grund der nun vorliegenden Versuche dahingehend beantwortet werden, daß diese Armaturen **für den praktischen Leitungsbetrieb nicht geeignet sind.**

Die genannten Ergebnisse sind in Einklang mit den grundlegenden Erkenntnissen, die gelegentlich einer umfangreichen allgemeinen Forschungsarbeit über die Wirkung von Lichtbogenschutzarmaturen gewonnen wurden und wonach, teilweise im Gegensatz zu früheren Untersuchungen, den bisher üblichen ringartigen Armaturen beliebiger Ringprofilausbildung eine sichere Schutzwirkung nicht zukommt. Die Ergebnisse dieser Forschungsarbeit werden demnächst veröffentlicht werden.

Selb, 26. 11. 1940. Hans Ziegler VDE

Stellungnahme zur Zuschrift von Fr. Obenaus

Auf die Bemerkung des Herrn Obenaus ist wie zu anderen Zuschriften zu erwidern, daß Beschädigungen an Isolatorenketten durch doppelphasigen Erdschluß in solchen Fällen, wo auch der Einbau von Langstabisolatoren in Frage käme, wenig bekanntgeworden sind, so daß die Untersuchung in diesem Strombereich ebenfalls als für die Praxis wertlos betrachtet werden könnte. Sie wäre aber nicht wertlos, wenn die Versuche auch bei Regen und natürlicher Verschmutzung durchgeführt worden wären, worüber Ergebnisse jedoch nicht vorliegen.

Die Angabe, daß die von Herrn Obenaus angewendete Oberflächenzündung durch einen dünnen Draht zur Nachahmung der Isolatorenverschmutzung gewählt wurde, ist übrigens neu. In dem von ihm angezogenen Aufsatz (Hescho-Mitteilungen 1938, Heft 78/79) ist davon nicht die Rede. Vielmehr geht aus der Arbeit klar hervor, daß der Draht deswegen gewählt wurde, um bei der kleinen verfügbaren Spannung den Lichtbogen auf eine so lange Strecke überhaupt einleiten zu können. Hätte Herr Obenaus die Isolatorenverschmutzung nachahmen wollen, so stehen dafür bekanntlich Mittel zur Verfügung, die den wirklichen Verhältnissen wesentlich näherkommen. Bei dem parallel geschalteten Draht ist es nicht möglich, auch nur für einen Augenblick die Betriebsspannung am Isolator aufrechtzuerhalten, während bei meinen Versuchen nach Erreichen der Überschlagsspannung, die übrigens etwas höher liegt als 150 bis 200 kV, diese sofort auf die Lichtbogenspannung zusammenbricht, wie Herr Obenaus ganz richtig feststellt. Die natürliche Nachahmung einer leitenden Schmutzschicht, die noch dazu durch Regen in ihrer Leitfähigkeit verbessert und ständig erneuert wird, hätte vermutlich auch bei hohen Stromstärken andere Ergebnisse gezeigt. Jedenfalls kann der dünne Draht, der in kleinsten Bruchteilen einer Sekunde verdampft ist, niemals einen auf seiner ganzen Oberfläche halbleitenden Isolator ersetzen. Herr Obenaus mußte daher bei hohen Stromstärken die gleichen Beobachtungen machen, die auch ich in meinem Aufsatz bezüglich der Versuche am trockenen und sauberen Isolator festgestellt habe, in dem ich darauf hinwies, daß in diesem Falle der Hornkreuzarmatur eine gewisse Schutzwirkung nicht abzusprechen ist. Aus dem Versuchsergebnis, das durch Anwendung der Oberflächenzündung des Lichtbogens durch einen dünnen Draht gewonnen wurde, den Schluß zu ziehen, man habe damit die natürliche Verschmutzung nachgeahmt, muß als abwegig abgelehnt werden.

Die Behauptung des Herrn Obenaus, der nach oben schlängelnde Lichtbogen sei nur bei absoluter Windstille möglich, ist unrichtig. Der Film, dessen Bildausschnitte in meiner Arbeit wiedergegeben sind, ist bei absoluter Windstille im Versuchsraum aufgenommen worden. Ich habe aber bereits darauf hingewiesen, daß bei Versuchen im Freien der Lichtbogen sich noch viel seltener vom Isolator loslöste. Dabei war bei diesen Versuchen eine ziemlich starke Luftbewegung vorherrschend. Der Einfluß von Luftströmungen machte sich erst in dem Augenblick bemerkbar, wo sich der Lichtbogen infolge Trocknung des Isolators von diesem löste. Am verschmutzten Isolator trat jedoch ein Abblasen des Lichtbogens in keinem Falle ein.

Köppelsdorf, 23. 10. 1940.

Stellungnahme zur Zuschrift von K. Schaudinn

Mit welchen Strömen im Erdschlußlichtbogen, dem in der Praxis allein interessierenden Fall, zu rechnen ist, habe ich bereits ausführlich dargelegt. Die Versuche mit Lichtbögen von 500 und 1000 A besagen im Hinblick auf den einphasigen Erdschluß gar nichts, noch dazu, wenn diese Versuche nicht an natürlich verschmutzten und beregneten Isolatoren durchgeführt wurden. Auch bei Stromstärken von 5 A oder höher wird der nasse und verschmutzte Isolator den Weg des Lichtbogens wenigstens so lange vorschreiben, bis eine gewisse Trocknung eingetreten ist. Aber auch dann wird er nicht sofort auf die Hornarmatur übergehen, sondern an den Kappen hängenbleiben, wenn er diese einmal zu Fußpunkten gewählt hat. Das zeigen die in meiner Arbeit wiedergegebenen Film-



ausschnitte deutlich, und daran kann sich nur zeitlich etwas ändern, wenn die Stromstärke auf den 10fachen Betrag erhöht wird. Da Glasurbeschädigungen bereits bei den von mir angewandten Stromstärken festzustellen sind, erhöht sich diese Gefahr bei den in der Praxis vorkommenden Erdschlußströmen erheblich.

Die Versuche sind selbstverständlich mit den von Herrn Schaudinn als „Spezial-Hornschutzarmatur" bezeichneten Schutzhörnern ausgeführt worden, wie aus den zahlreichen Abbildungen leicht zu ersehen ist.

Es ist unverständlich, warum in den Bemerkungen stets zum Ausdruck kommt, daß allein die Hornarmatur für Langstabisolatoren der beste Schutz sei, obwohl einwandfreie Beweise dafür nicht erbracht werden konnten. Bei den Hängeketten, die wegen der metallischen Zwischenglieder weit mehr der Gefahr des Überschlags längs der Isolatorenoberfläche ausgesetzt sind und über die weitaus längere und ausgedehnte Betriebserfahrungen vorliegen, hat sich die Hornkreuzarmatur am allerwenigsten behaupten können. Alle 220 kV-Leitungen z. B. sind mit Schutzringen ausgestattet, und auch bei niedrigeren Übertragungsspannungen sind fast ausschließlich ringförmige Armaturen in Anwendung, sofern man nicht überhaupt auf jeglichen Schutz verzichtet. Meine Versuche zeigen, daß die Verhältnisse beim Stabisolator ähnlich liegen wie bei einer Hängekette, und es ist daher ganz erklärlich, daß man bezüglich der Schutzarmaturen für Langstabisolatoren zu ähnlichen Lösungen kommt, wie sie sich bei Hänge- und Vollkernisolatorenketten schon seit langem bewährt haben.

Köppelsdorf, 23. 10 1940.

Stellungnahme zur Zuschrift von H. Happoldt

Die Bemerkung des Herrn Happoldt ist insofern interessant, als auch er feststellt, daß Erdschlußrestströme von nur wenigen Ampere (12 A) in kompensierten 100 kV-Netzen auftreten. Ob die Löschung stets in der von ihm angegebenen kurzen Zeit (0,07 s) auftritt, muß zweifelhaft erscheinen; denn soeben erhalte ich von einem Elektrizitätsversorgungsunternehmen die Bestätigung, daß an mit Schutzhörnern ausgerüsteten Vollkernisolatorenketten Beschädigungen an den Isolatoren aufgetreten sind, ein Zeichen dafür, daß also auch an Hängeketten das Horn nicht immer den genügenden Schutz bietet. Es handelt sich in diesem Falle allerdings um ein 15 kV-Netz.

Wenn Herr Happoldt behauptet, meine Versuche mit Lichtbogenstromstärken von 0,5 A seien für die Praxis wertlos, so möchte ich dem gegenüberstellen, daß die Versuche mit kleinen Stromstärken bei Regen und an verschmutzten Isolatoren ein physikalisches Ergebnis brachten, das einmal mit der Beobachtung an Hängeketten übereinstimmt und das ferner der Mühe wert erscheint, es an Langstabisolatoren mit um eine Zehnerpotenz höherer Stromstärke unter sonst gleichen Bedingungen, nämlich bei Verschmutzung und Regen, nachzuprüfen[1]).

Köppelsdorf, 23. 10. 1940.

Stellungnahme zur Zuschrift von H. Meyer

Die Angaben über die Höhe von Erdschlußströmen in 100 kV-Netzen decken sich mit den bereits von mir gemachten Angaben in der Zusammenfassung meiner Arbeit.

Es ist aber auf Grund meiner Versuchsergebnisse mit niedrigeren Stromstärken zu vermuten, daß der Lichtbogen am feuchten und verschmutzten Isolator bei einer um eine Zehnerpotenz höheren Stromstärke keinen anderen Weg nehmen wird. Dieser Schluß hat deswegen seine Berechtigung, weil der Lichtbogen trotz des ersten Überschlages zwischen den engsten Stellen der Schutzhörner doch den längeren, aber offenbar günstigeren Weg längs der bei Regen und Verschmutzung mehr leitenden Oberfläche des Isolators nimmt. Um die noch bestehenden Zweifel zu beseitigen, sollen in Kürze die Lichtbogenversuche bei Regen und Verschmutzung mit Stromstärken zwischen 10 und 100 A nachgeholt werden[1]).

Köppelsdorf, 14. 11. 1940.

Stellungnahme zur Zuschrift von H. Ziegler

Um das Verhalten des Lichtbogens bei den in der Praxis vorkommenden Erdschlußströmen von 30 A und mehr und beim Leitungskurzschluß zu studieren, wurden die am Schluß meines Aufsatzes angekündigten Versuche im Stromstärkenbereich von 30 bis 1000 A durchgeführt. Stromstärke, Spannung am Lichtbogen und Lichtbogendauer wurden dabei oszillographisch aufgenommen. Außerdem wurden die Vorgänge im Film mit 64 Bildern/s von zwei Seiten aus festgehalten. Das Ergebnis läßt sich wie folgt zusammenfassen:

Die Lichtbogenversuche im Stromstärkenbereich von 30 bis 100 A haben ergeben, daß bei Regen oder Verschmutzung und bei beidem gleichzeitig der Lichtbogen bei Verwendung der Hornkreuzarmatur anfangs längere Zeit längs des Isolators verläuft, um gegen Ende des Vorgangs an den Enden der Hörner nach etwa 5 s von selbst zu erlöschen. Die zahlreichen Fußpunkte an der oberen und unteren Kappe weisen darauf hin, daß der Lichtbogen längere Zeit an den Kappen gesessen hat. Bei Verwendung der Blechschirmarmatur ging der Lichtbogen trotz des von Kappe zu Kappe gespannten Zündungsdrahtes sofort auf die Armatur über und brannte in immer größer werdendem Abstand vom Isolator, ohne diesen zu berühren. Das selbsttätige Erlöschen erfolgte ebenfalls nach etwa 5 s.

Es ist zweifelhaft, ob auf Grund dieser Versuche die Ungefährlichkeit von Erdschlußlichtbögen für das Isolatorporzellan trotz der kurzen Einwirkzeit angenommen werden darf. Jedenfalls ist im Gegensatz zur Blechschirmarmatur eine solche aus Hornkreuzen bestehende nicht in allen Fällen, insbesondere nicht bei Witterungseinflüssen, in der Lage, das Ansetzen des Erdschlußlichtbogens an den Kappen und dessen Verlauf längs des Isolators mit Sicherheit zu verhindern.

Bei einer Lichtbogenstromstärke von 1000 A unter Regen wurde bei Verwendung der Hornkreuzarmatur ein längeres Stehenbleiben des Lichtbogens an der unteren Kappe und die Beschädigung des unteren Schirmes festgestellt. Der Lichtbogenfußpunkt lag gerade zwischen zwei Hörnern und war tief in die Kappe eingebrannt. Der Lichtbogen wurde nach etwa 5 s abgeschaltet. Der gleiche Versuch mit der Blechschirmarmatur ausgeführt zeigte keine Beschädigungen an den Schirmen des Isolators.

Wenn auch der Hornkreuzarmatur eine gewisse Schutzwirkung im mittleren Strombereich gegenüber einem unbewehrten Langstabisolator (auch solche Versuche wurden ausgeführt) nicht abzusprechen ist, so muß doch die überwiegende Schutzwirkung einer konischen Ringarmatur mit geringem Abstand der inneren Ränder von den endständigen Schirmen bei allen in der Praxis vorkommenden Überschlagslichtbögen und bei Witterungseinflüssen und Verschmutzungsgefahr zugegeben werden.

Köppelsdorf, 3. 12. 1940. P. Hochhäusler VDE

[1]) Siehe Erwiderung zu den Bemerkungen des Herrn Ziegler.

EINGÄNGE

[Ausführliche Besprechung vorbehalten.]

Bücher

Bildwort Deutsch. Technische Sprachhefte 3: Starkstromtechnik. Von Prof. Dr.-Ing. F. Moeller. Mit 33 B. u. 48 S. im Format 148×210 mm. VDI-Verlag, Berlin 1940. Preis geh. 1,50 RM, für VDI-Mitgl. 1,35 RM. Bei Abnahme von 25 Stück und mehr je 1,25 RM.

[Die technischen Sprachhefte sollen in erster Linie ausländischen Ingenieuren Gelegenheit geben, die deutsche technische Fachsprache zu erlernen. Die in dem vorliegenden Heft bearbeiteten begrifflichen Grundlagen der Starkstromtechnik sind darüber hinaus aber auch für eine Benutzung neben dem Unterricht wertvoll. Das beiliegende Stichwortverzeichnis kann der ausländische Benutzer durch Übersetzungen ergänzen.]

Berichtigung

In dem Bericht „Straßenbahn, Fahrdrahtbus und Autobus" in ETZ 62 (1941) H. 2, S. 41, muß die Quellenangabe in Fußnote 1 lauten: ETZ 56 (1935) S. 673.

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Dr. techn. Dipl.-Ing. F. Brock VDE, Wien III, Ungargasse Nr. 2

Dipl.-Ing. F. Cornelsen, Berlin-Charlottenburg 5, Gustloffstr. 39

Dr.-Ing. Kurt Schmidt VDE, Berlin-Charlottenburg 9, Adolf-Hitler-Platz 4

Abschluß des Heftes: 24. Januar 1941

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE (z. Z. im Felde)
G. H. Winkler VDE (z. Z. im Felde)
H. Hasse VDE und R. Henrichs VDE

Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.

Elektrotechnische Zeitschrift
(Zentralblatt für Elektrotechnik)
Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894
Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.
Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9
62. Jahrgang Berlin, 6. Februar 1941 Heft 6

Einführung zur Veröffentlichung von Normblatt-Entwürfen auf dem Gebiet des Freileitungs-Ortsnetzbaues

Von Norman Lieber VDE, Berlin

DK 621.315.17

Übersicht. Anläßlich der Veröffentlichung einer Reihe von Normblattentwürfen werden die Gründe für ihre Aufstellung dargelegt und die Überlegungen wiedergegeben, die bei der Aufstellung eine Rolle gespielt haben.

Begründung der Normungsarbeiten

Auf dem Gebiet der Niederspannungs-Freileitungen, besonders also der Freileitungs-Ortsnetze, war eine Normung bisher nur in beschränktem Umfang durchgeführt worden. Durch die ganze Entwicklung bedingt, besteht eine Einheitlichkeit bei Hochspannungs-Freileitungen auch in viel stärkerem Maße als bei Niederspannungs-Freileitungen. Bei diesen war von vornherein eine größere Vielfältigkeit vorhanden, da nicht nur einige große Werke sich mit Niederspannungs-Freileitungen und ihrer Entwicklung befaßt haben.

Dementsprechend sind die verschiedenartigsten Bauformen anzutreffen. Zwar soll nicht unbeachtet bleiben, daß unter Umständen besondere örtliche Gegebenheiten zu berücksichtigen sind, die zu verschiedenartigen Bauweisen führen können; über das Maß des hierdurch Bedingten hinaus ist aber teilweise so uneinheitlich gebaut worden, daß eine Vereinheitlichung durch Normung dringend notwendig erschien.

Bisher war es in erster Linie notwendig, die Betriebssicherheit und die Sicherheit im Hinblick auf Menschengefährdung zu wahren. Heute kommt aber noch als sehr wesentlicher und auch bleibender Gesichtspunkt im Rahmen des Vierjahresplanes der richtige Werkstoffeinsatz hinzu, dem naturgemäß früher keine so besondere Bedeutung beigemessen zu werden brauchte, der aber bei künftigen Bauten nicht unbeachtet bleiben kann und daher schon in den Normen seinen Ausdruck finden muß.

Die Wichtigkeit einer verstärkten Normungsarbeit auf dem Gebiet der Niederspannungs-Freileitungen, in erster Linie also des Freileitungs-Ortsnetzbaues, geht auch daraus hervor, daß die in diesen Netzen investierten Summen durchaus Schritt halten mit denen der Hochspannungsnetze. Man hat geschätzt, daß die Summe, die im Altreich in diesen Netzen festgelegt ist, sich auf etwa 1,2 Mrd RM belaufen wird und über 40 Mill Menschen über Freileitungs-Ortsnetze mit elektrischer Energie versorgt werden.

Wenn auch oberster Gesichtspunkt beim Bau von Ortsnetzen die lange Lebensdauer sein soll, so ist doch bei einem derartig großen Ausmaß bestehender Netze jährlich mit einem nicht unerheblichen Aufwand für Erneuerungsarbeiten zu rechnen, und schon bei diesen kann sich eine allmähliche Ausrichtung auf einheitliche, d. h. genormte Bauteile oder Bauweisen lohnen.

Darüber hinaus muß aber gerade heute eine derartige Normungsarbeit auf diesem Gebiet als vordringlich erscheinen, da nach Schluß des Krieges mit einer ganz erheblichen Verbrauchssteigerung in bereits versorgten Gebieten und infolgedessen mit einem verstärkten Ausbau von Netzen zu rechnen ist. Ferner ist noch die Errichtung von Netzen in den neu hinzugekommenen Gebieten zu berücksichtigen, die vom energiewirtschaftlichen Standpunkt aus zum Teil bisher noch gar nicht oder nur in unzulänglichem Maße erschlossen sind, in absehbarer Zeit aber einen normalen Verbrauch erreichen werden.

Der Verband Deutscher Elektrotechniker hat daher in gemeinsamer Arbeit besonders mit der Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie, der Wirtschaftsgruppe Elektrizitätsversorgung und der Wirtschaftsgruppe Keramische Industrie, sowie u. a. mit der Wehrmacht, der Reichspost und der Reichsbahn die erforderlichen Arbeiten in Angriff genommen und jetzt auf einigen Teilgebieten zu einem vorläufigen Abschluß gebracht. Die für eine Veröffentlichung reifen Entwürfe sind auf den Seiten 131 bis 140 dieses Heftes zusammengestellt. Weitere werden folgen.

Die einzelnen Entwürfe sollen im folgenden näher besprochen und die Gedankengänge und Absichten, die bei ihrer Aufstellung eine Rolle gespielt haben, gezeigt werden, um auch weiteren Kreisen eine Beurteilungsmöglichkeit zu schaffen.

Auch auf dem Gebiet des Ortsnetzbaues kann man wie auf den übrigen Gebieten der Elektrotechnik eine Gruppierung der Bauteile in drei Abschnitte vornehmen, nämlich in

1. die Isolatoren,
2. die Teile, welche zur Stromführung dienen, nämlich die Leitungen und Klemmen,
3. Die Teile für den mechanisch konstruktiven Aufbau.

Isolatoren

Gemeinsame Gesichtspunkte

Bei der Bearbeitung der Isolatoren-Normblattentwürfe, bei der zum Teil vorhandene Normblätter geändert oder ergänzt, zum Teil neue Blätter aufgestellt wurden, ergaben sich einige grundsätzliche Fragen, die für alle Niederspannungs-Starkstromisolatoren und darüber hinaus auch zum Teil für die Fernmeldeisolatoren zutreffen.

Zunächst die Farbe. Bei den Hochspannungsisolatoren wird einheitlich die braune Farbe angewandt, bei

den Niederspannungs-Starkstromisolatoren bisher nur in beschränktem Umfang. Künftig soll nun aber der Trennstrich in der Farbgebung nicht mehr zwischen Hochspannung mit brauner Farbe einerseits und der Niederspannung und Fernmeldetechnik mit weißer Farbe anderseits gezogen werden, sondern die Trennung soll entsprechend der Gefahrenstufe für den Menschen so erfolgen, daß Hoch- und Niederspannung einheitlich die braune Farbe erhalten, während für Fernmeldeisolatoren eine andere Farbe, bisher Weiß, in Betracht kommt. Die braune Farbe bei Niederspannungs-Starkstromisolatoren bringt weiterhin den Vorteil geringerer Auffälligkeit mit sich, wodurch auch ästhetischen Gesichtspunkten Rechnung getragen wird, deren Wichtigkeit gerade im Hinblick auf die vielen nach Kriegsschluß entstehenden Siedlungen nicht zu unterschätzen ist.

In diesem Zusammenhang ist ein Hinweis auf die geplante neue Farbgebung bei den Fernmeldeisolatoren angebracht. Die bisher weiße Farbe soll in Zukunft aus Gründen nicht zu großer Sichtbarkeit in eine weniger

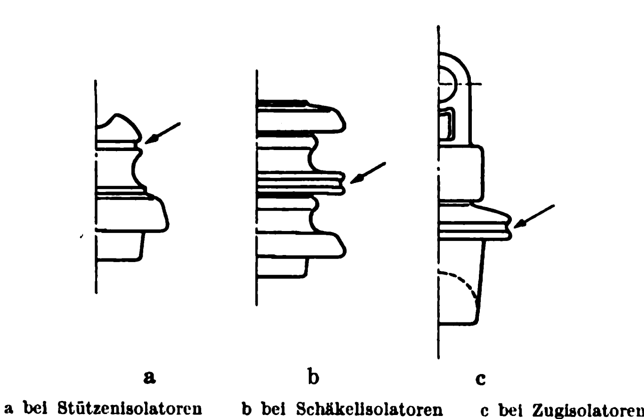


Bild 1. Anordnung der Nulleiterrille.

auffällige Farbe geändert werden, und zwar ist hierfür die Farbe Grün vorgeschlagen.

Ein weiterer Punkt, der für alle Normenentwürfe der Niederspannungsisolatoren in Betracht kommt, ist eine Neufestlegung der Spannungsgrenze „unter 1 kV" gegenüber dem Wert von 0,5 kV bei der bisherigen Ausgabe der Normblätter. Wenn auch für Ortsnetze nur selten ein Wert über 500 V auftreten wird, so kommen doch außerhalb des Bereiches von Ortsnetzen, z. B. bei Straßenbahnen, Leitungen zwischen 500 und 1000 V vor. Infolge der grundsätzlichen Unterteilung in den VDE-Vorschriften in den Bereich unter und über 1000 V und zur Erzielung einer besseren Übereinstimmung mit den VDE-Vorschriften ist daher jetzt einheitlich in den Entwürfen ein Wert von „unter 1 kV" eingesetzt, gegen den keine Bedenken aus isolationstechnischen Gründen bestehen.

Eine weitere einheitliche Maßnahme bei den Niederspannungsisolatoren ist die Rille zur Kennzeichnung des Nulleiterisolators (Bild 1). Die Einführung eines derartigen Nulleiterisolators ist erforderlich geworden, da heute in der Regel der Nulleiter, besonders bei Al-Leitungen, in Ortsnetzen mit dem gleichen Querschnitt verlegt wird wie die Außenleiter, so daß er nicht mehr auf Grund der verschiedenen Querschnitte erkennbar ist. Bisher wurden verschiedene Verfahren zur Kenntlichmachung angewandt. So wurden besondere S-förmige Stahlhaken in die Stützen eingehängt, was aber nicht bei jeder Stützenform möglich ist, oder der Isolator wurde mit einem andersfarbigen Glasurring versehen oder hatte überhaupt eine andere Farbe. Der Farbring erfordert aber einen eigenen Herstellungsgang und bedeutet dadurch vermehrte Herstellungskosten gegenüber einem normalen Isolator. Ein weiterer Nachteil des Farbrings ist, daß bei zunehmender Verschmutzung des Isolators der Farbunterschied immer mehr verschwindet. Übereinstimmend wurde daher das Anbringen einer Rille für die zweckmäßigste Lösung gehalten. Diese Rille gilt einheitlich zur Kennzeichnung des Nulleiters bei Stützen-, Schäkel- und Zugisolatoren. Sie soll nicht zu klein sein, um bei übermäßiger Verschmutzung nicht etwa unkenntlich zu werden, aber auch nicht zu groß, damit sie nicht fälschlicherweise als Bundrille angesehen und benutzt wird.

Stützenisolatoren (Entwurf DIN 48150)

Bei den bewährten Stützenisolatoren N 80 und N 95 haben sich, abgesehen von der Einführung des zusätzlichen Nulleiterisolators, keine Änderungen ergeben. Nach eingehender Prüfung ist aber auf Beibehaltung des Stützenisolators N 60 nach DIN VDE 8019 in einem neuen Entwurf verzichtet worden. Eine Rundfrage bei einer großen Zahl von Herstellerfirmen ergab, daß dieser Isolator seit Jahren entweder nicht mehr hergestellt wurde oder daß seine Herstellungszahlen gänzlich bedeutungslos sind. Früher wurde der Isolator N 60 vielfach als Isolator für die Nulleiter benutzt, kann jetzt aber durch den neu geschaffenen Nulleiter-Stützenisolator ersetzt werden.

In diesem Zusammenhang ist zu erwähnen, daß somit auch die beiden Normblätter über gerade und gebogene Stützen für den Isolator N 60 (DIN VDE 8053 und 8054) fortfallen.

Bei den Stützen (DIN VDE 8050) für die Isolatoren der N-Reihe wurde eine geringfügige Änderung der Konstruktion vorgenommen. Der bisher runde Bund wird durch einen Sechskantbund ersetzt werden, der die gleiche Schlüsselweite wie die der Befestigungsmutter aufweist. Auf Grund dieser Änderung ist ein besseres Anziehen der Mutter möglich, da der Bolzen wegen des Sechskantbundes ebenfalls mit Schlüssel gehalten werden kann. Gleichzeitig ist berücksichtigt, daß künftig allein das metrische Gewinde angewandt werden soll.

Im Zusammenhang mit der Besprechung der Stützenisolatoren ist auf eine Bekanntmachung des Ausschusses für Freileitungen (vgl. S. 140 dieses Heftes) hinzuweisen, gemäß der in Zukunft RM-Isolatoren nach DIN VDE 8020 für Starkstromleitungen nicht mehr verwendet werden sollen. Hierfür war maßgebend, daß das Normblatt DIN VDE 8020 sich ausdrücklich auf Fernmeldeleitungen bezieht, und in Zukunft bezüglich Formgebung und Farbe zwischen Isolatoren für Fernmeldezwecke einerseits und für Starkstromzwecke anderseits deutlich unterschieden werden soll. Für neue Starkstrom-Ortsnetze sind in Zukunft daher statt der RM-Isolatoren Stützenisolatoren N 80 und N 95 nach DIN 48150 zu verwenden. Da diese Festlegung keine rückwirkende Kraft hat, werden solche bestehenden Ortsnetze, die mit RM-Isolatoren aufgebaut sind, nicht betroffen. Ferner wird es auch möglich sein, zur Erzielung einer einheitlichen Bauweise in derartigen Netzen Auswechslungen und geringfügige Ergänzungen mit den bisher benutzten RM-Isolatoren vorzunehmen.

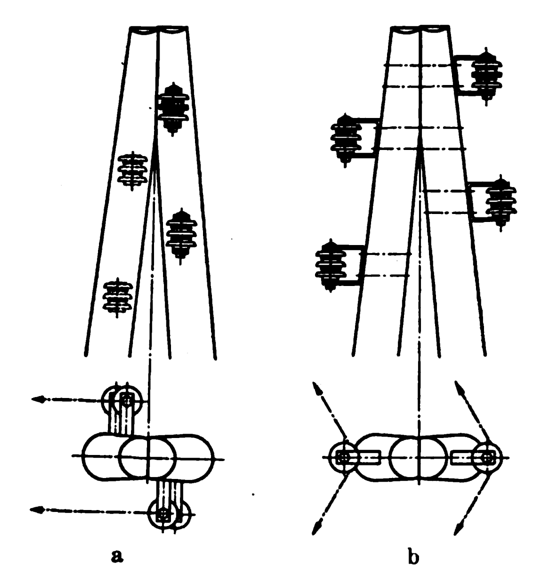
Schäkelisolatoren (Entwurf DIN 48154)

Bei der Bearbeitung des Normblattes für Schäkelisolatoren wurde zwar angeregt, die Frage eingehend zu prüfen, ob nicht in den Normen der Schäkel überhaupt gestrichen werden solle, da z. B. bei der Anwendung der Zugisolatoren erheblich weniger Stahl erforderlich wäre und da seine Mindestbruchlast ganz erheblich niedriger läge als die der Zugisolatoren. Außerdem wurde geltend gemacht, daß der Schäkelisolator vom ästhetischen Standpunkt aus zu beanstanden wäre. Schließlich zeigt die Einführung einer weiteren Bügelgröße, daß der Schäkel bisher nicht für alle Zwecke ausgereicht habe.

Demgegenüber wurde aber betont, daß der Zugisolator zwar manche Vorteile habe, aber noch nicht die langjährigen Betriebserfahrungen nachweisen könne wie der Schäkelisolator. Infolgedessen wurde in dem Entwurf zwar der Zugisolator neu aufgenommen, der Schäkelisolator aber noch beibehalten.

Bisher war in dem Normblatt für Schäkelisolatoren nur eine einrillige Bauart mit 115 mm Bauhöhe vorhanden. Auf Verlangen besonders aus ostmärkischen und sudetendeutschen Kreisen ist aber eine weitere Bauhöhe von 80 mm eingeführt, die einen zweckentsprechenden Mittelwert der verschiedenen Vorschläge zwischen 70 und 90 mm Bauhöhe darstellt und im übrigen auch recht weit verbreitet ist.

Wichtiger war aber die Aufnahme einer zweirilligen Bauform in den Normen, weil der Schäkel in der zweirilligen Ausführung vielseitig verwendbar ist.



a Endmast
Anwendung verstärkter Bügel
Belastungsrichtung Z gemäß
Entwurf DIN 48154 Blatt 2

b Winkelmast
Anwendung schräger Bügel

Bild 2. A-Mast mit Schäkelisolatoren.

In dem neuen Normblattentwurf ist daher nur noch die zweirillige Bauform mit den Höhen bzw. Durchmessern 80 und 115 mm vorgesehen, weil der zweirillige Schäkel die Aufgaben des einrilligen mit erfassen kann. Die Bohrung des Schäkels für die Aufnahme des Bügelbolzens ist so gestaltet, daß auch bei einrilliger Belegung ein einwandfreier Sitz des Schäkels auf dem Bolzen gewährleistet ist. Hierdurch wird vermieden, daß vier verschiedene Schäkel normenmäßig festgelegt werden müssen gegenüber der einzigen früher genormten Form. Tatsächlich hätte aber auch die Festlegung von vier verschiedenen Schäkeln noch einen Vorteil trotz der anscheinenden Vermehrung der Ausführungen mit sich gebracht; denn es wurde festgestellt, daß früher außer der e i n e n bisher genormten Bauhöhe noch etwa 60 weitere verschiedene Bauhöhen laufend hergestellt worden sind, die nun durch die zweite jetzt festgelegte Bauhöhe von 80 mm einheitlich erfaßt werden sollen. Die Normung einer dritten Bauhöhe von 60 mm wurde auf Grund einer Rundfrage bei einer großen Zahl von Herstellerfirmen nicht als erforderlich angesehen.

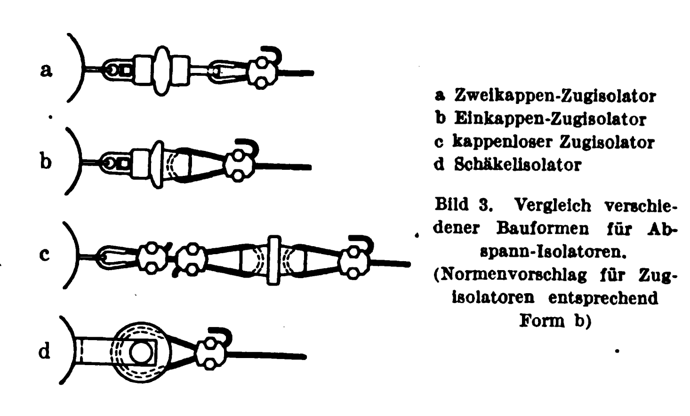
Mindestbruchlastwerte waren in der bisherigen Ausgabe des Normblattes für Schäkel nicht angegeben. Von seiten der Porzellanindustrie wurden diese Werte jetzt auf Grund vielfacher Versuche mit 1000 kg für die Isolatoren der Bauhöhe 80 mm und mit 1200 kg für die Bauhöhe 115 mm angegeben. Diese Werte liegen zwar recht niedrig, können aber nicht ohne weiteres geändert werden. Die Begründung für die verhältnismäßig niedrigen Werte ist darin zu sehen, daß eine ganzflächige Berührung zwischen Isolatorbohrung und der Bolzenoberfläche kaum zu gewährleisten ist und daher sehr hohe spezifische Beanspruchungen auftreten können.

Bei den Schäkelbügeln (Entwurf DIN 48154 Blatt 2), die wie bisher in dem gleichen Normblatt aufgeführt werden, ist eine verstärkte Ausführung vorgesehen, weil die zulässige Beanspruchung quer zur Hauptrichtung des Bügels (Richtung Z im Normblatt) bei der normalen Ausführung als zu gering angesehen wurde. Gerade die Beanspruchung in dieser Richtung kommt aber bei den üblichen Mastkopfbildern für Endmaste von Drehstromleitungen mit Nulleiter ebenso häufig vor, wie die Beanspruchung in der Hauptrichtung des Bügels (Richtung P im Normblatt), wie aus Bild 2 a hervorgeht. Ferner wurde es für notwendig angesehen, auch einen schrägen Bügel für beide Bauhöhen in normaler und verstärkter Ausführung zu normen. Bei Winkelmasten in A-Form sind derartige schräge Bügel üblich (Bild 2 b).

Um das Gebiet des Schäkelisolators umfassend zu normen, müssen also zwei Größen mit je vier verschiedenen Bügeln vorgesehen werden; das bedeutet naturgemäß einen ziemlichen Aufwand an Lagerhaltung, läßt sich aber nicht ohne weiteres umgehen. Daß aber tatsächlich derartig viele verschiedenen Bügel notwendig sind, kann als weiteres Zeichen dafür angesehen werden, daß es wahrscheinlich vorteilhaft wäre, einen Isolator mit vielseitiger Gebrauchsmöglichkeit an die Stelle des Schäkels zu setzen. Vielleicht kann in weiterer Zukunft der Zugisolator diese Stelle einnehmen.

Zugisolatoren (Entwurf DIN 48152)

Für die Normung von Zugisolatoren lagen verschiedene Vorschläge vor (Bild 3), die auf die Ausführungsform (b) zurückgeführt werden konnten. Die Zweikappentype (a) ist den Stabisolatoren der Hochspannungstechnik entlehnt. Demgegenüber ist der Einkappentyp (b) eine eisensparende Bauweise, da die e i n e Kappe sowie eine Kausche oder andere Konstruktion zur Verbindung mit dem Leiterseil fortfällt. Der kappenfreie Strunk des Isolators ist etwa kauschenförmig ausgebildet und ermöglicht auf diese Weise eine einwandfreie Halterung des Leiterseiles. Der kappenlose Typ (c) scheint zunächst noch weitere Eisenersparnisse mit sich zu bringen. Bei der Betrachtung des Einbaues eines derartigen kappenlosen Zugisolators sieht man aber, daß der Einsparung einer Kappe die Gewichte anderer Bauteile gegenüberstehen, die statt der Kappe angewandt werden müßten, in diesem Beispiel eine Kausche, zwei Endbundklemmen und ein kurzes Stück Stahlseil. Außerdem kann sich die größere Baulänge dieser Anordnung und die Erfordernis des Zusammenbaues aus mehreren Teilen unzweckmäßig auswirken.



a Zweikappen-Zugisolator
b Einkappen-Zugisolator
c kappenloser Zugisolator
d Schäkelisolator

Bild 3. Vergleich verschiedener Bauformen für Abspann-Isolatoren. (Normenvorschlag für Zugisolatoren entsprechend Form b)

Ein Vergleich mit der Schäkelbauweise wird durch (d) gegeben. In sehr vielen Fällen wird das Ergebnis für den Zugisolator dadurch noch günstiger, daß er nicht wie in dem gezeichneten Beispiel eine besondere Aufhängung braucht, sondern unmittelbar auf dem unteren Teil einer Stütze eines N 95-Isolators eingefädelt wird.

Um bei einer derartigen Aufhängung des Zugisolators Z 95 an einer Stütze, die in einer Traverse befestigt ist, auch eine genügend große Auswinklung zu ermöglichen,

hat er eine länglich geformte Kappenlasche erhalten. Bei dem kleinen Zugisolator Z 80 wurde eine derartig lange Lasche deswegen nicht für nötig gehalten, weil dieser in der Regel nur für die Abspannung von Hausanschlußleitungen am Gebäude vorgesehen ist.

Wichtig war ferner, den Zugisolator so zu gestalten, daß er möglichst in porzellantechnischer Dreharbeit und nicht in Gußarbeit hergestellt werden kann, da bei Gußarbeit größere Streuwerte der mechanischen Festigkeit des Porzellans auftreten können als bei Dreharbeit.

Isolier-Eier (Entwurf DIN 48156)

Hier war die Forderung zu berücksichtigen, daß das Isolier-Ei im Störungsfall die volle Spannung aushalten muß. Es kam daher nicht die einfache tatsächlich eiförmige Gestalt in Frage, sondern die mit Längsrippen versehene längliche Form. Schwierigkeiten einer Auswahl bestanden nicht, da diese Form auch in einheitlichen Größen schon immer bei einer größeren Reihe verschiedener Versorgungsunternehmen benutzt worden ist. Es erhob sich nur die Frage, ob es auf lange Sicht gesehen nötig ist, zwei Größen beizubehalten, wie in dem Normblattentwurf zunächst noch vorgesehen, oder ob mit einer einzigen Größe (Länge 100 mm) auszukommen ist. Weitere Anregungen auf Grund der Veröffentlichung der Entwürfe bringen hier hoffentlich eine Klärung.

Hauseinführungen (Entwurf DIN 48160)

Der wesentliche technische Gesichtspunkt bei der Aufstellung dieses Normblattes war, eine unisolierte Leitung durch die Hauseinführung bis zum Hausanschlußkasten führen zu können. Gegenüber der bisher in der Regel üblichen Einführung isolierter Leitungen fällt dadurch eine Klemmstelle vor der Hauseinführung fort, und die Hausanschluß-Freileitung kann ungeschnitten bis zum Hausanschlußkasten verlegt werden. Die Bohrungen der Hauseinführungen müssen daher für einen Seilquerschnitt bis zu 25 mm² ausreichen. Mit Rücksicht auf die Verlegung blanker Leitungen sind die Verbindungsrohre zwischen Pfeife und Tülle daher auch aus keramischem Werkstoff ausgebildet. Die Kriechwege müssen an den Verbindungsstellen und besonders an den außen liegenden Teilen der Pfeife genügend lang bemessen sein.

Die Normung einer Zweifach- und einer Vierfacheinführung wurde für ausreichend angesehen, da z. B. bei Einführung von Drehstromleitungen auch der Nulleiter in der Regel miteingeführt wird.

Trotz der erforderlichen längeren Überdeckung von Pfeife und Verbindungsrohr ist die Pfeife aber nicht länger als bei den bisher vorhandenen zahlreichen Ausführungsformen, da die Länge für die wirtschaftliche Beurteilung maßgebend ist.

Für die Verbindungsrohre sind verschiedene Längen vorgesehen, die der Länge normaler Mauersteine und somit den normalen Mauerstärken entsprechen. Eine fernerhin vorgesehene Fabrikationslänge von 1500 mm ermöglicht es, auch Sonderlängen vom laufenden Stück herzustellen.

Stromführende Teile

Leitungsseile (Entwurf DIN 48180)

Durch die Normblätter DIN VDE 8201 und 8204 „Drähte und Seile", die in engem Zusammenhang mit den Vorschriften für Freileitungen (VDE 0210) stehen, ist für den gesamten Bereich der Starkstrom-Freileitungsseile eine Reihe von Querschnitten für verschiedene Werkstoffe genormt. Für den engeren Bereich der Niederspannungs-Freileitungen, in erster Linie also der Freileitungs-Ortsnetze, wurde aber die Auswahlmöglichkeit nach DIN VDE 8201 für eine zukünftige Ausrichtung als zu weitgehend angesehen.

Der Normblattentwurf „Leitungsseile, Nennspannung unter 1 kV" DIN 48180 enthält daher nur den Werkstoff Aluminium. Im Hinblick auf die augenblickliche und künftige Rohstofflage wurde bewußt davon Abstand genommen, auch den Werkstoff Kupfer aufzunehmen. Ferner wurde auch die Aufnahme von Stahlaluminiumseil nicht für erforderlich gehalten.

Die Auswahl der Querschnitte wurde nach oben mit dem Wert 95 mm² abgeschlossen, nach unten mit 25 mm². Nach eingehenden Beratungen wurde der Querschnitt 16 mm² nicht mitaufgenommen. Gegen eine Aufnahme wurde besonders folgendes geltend gemacht: Der Querschnitt 16 mm² sei, insbesondere bei Aluminiumleitungen, mechanisch nicht ausreichend und seine Kurzschlußfestigkeit zu gering. Außerdem wäre nur eine größte Spannweite von 35 m zulässig, wodurch die Projektierung ungünstig behindert würde. Wenn dieser Querschnitt lediglich für Hausanschlüsse zugelassen würde, dann müßte damit gerechnet werden, daß er auch an anderen Stellen benutzt würde. Ferner müsse berücksichtigt werden, daß um so weniger Ausführungsformen bei den übrigen Bauteilen nötig wären, je weniger Seilquerschnitte festgelegt würden. Für die Aufnahme des Querschnittes 16 mm² wurde geltend gemacht, daß er lediglich für Hausanschlüsse zugelassen werden solle, und daß durch Aufnahme eines Wertes 16 mm² eine Werkstoffersparnis erzielt werden könne, der allerdings eine erhöhte Lagerhaltung gegenüberstände. Namhafte Werke benutzen bereits heute keinen Aluminiumquerschnitt mehr unter 25 mm².

Die beiden Querschnitte 25 und 35 mm² werden in Kleindruck aufgeführt. Dadurch soll angedeutet werden, daß die Entwicklung dahin gehen wird, für die Verteilungsleitungen in Ortsnetzen einen Mindestquerschnitt von 50 mm² Aluminium vorzusehen. Ein Querschnitt von 25 mm² und 35 mm² soll in erster Linie für Hausanschlüsse in Betracht kommen.

Klemmen für Aluminiumfreileitungen

Der Versuch, auch auf dem Gebiet der Freileitungsklemmen zu einer gewissen Normung zu kommen, führte zunächst dazu, die Aufstellung von Leitsätzen oder Lieferbedingungen für Freileitungsklemmen in Angriff zu nehmen, um auf diese Weise durch Prüfungsanweisungen eine Aussonderung ausgesprochen schlechter Klemmen zu erreichen. Einer weiteren Bearbeitung nach Fertigstellung der Leitsätze bleibt es dann vorbehalten, auf Grund von Ergebnissen, die unter Ausnutzung der Leitsätze gewonnen werden sollen, den Versuch einer Normung von Freileitungsklemmen zu unternehmen, für die im Augenblick die Anzahl systematisch durchgeführter Prüfungen und Versuche noch nicht als ausreichend angesehen wurde.

Bauteile

Die Ausbildung der Bauteile wird recht wesentlich beeinflußt durch die beiden hauptsächlichen Bauweisen, nämlich die Mast- und die Dachständerbauweise. Eine Reihe von Bauteilen kommt überhaupt nur bei der einen oder bei der anderen Bauweise vor, eine weitere Anzahl bei beiden Bauweisen, aber in unterschiedlicher Ausführung, wieder andere Bauteile in gleicher Ausführung bei beiden Bauweisen.

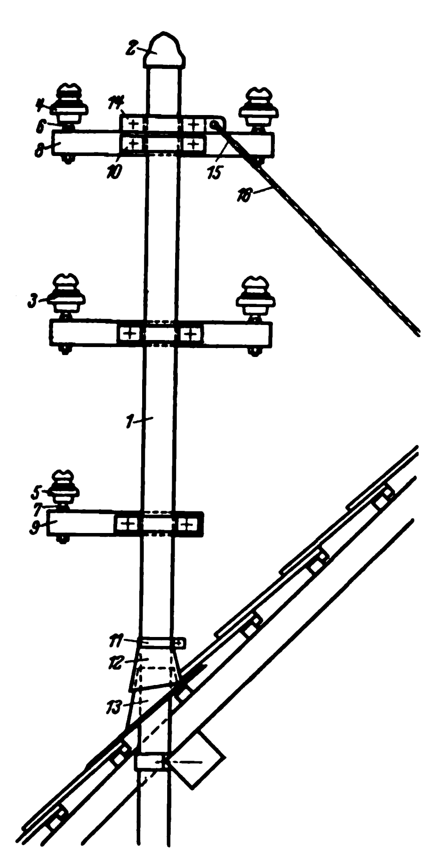
Als Beispiel möge der Anker dienen. Ankerseil und Kauschen kommen unverändert bei beiden Bauweisen vor, die Ankerkopflasche in verschiedener Ausführung, die Ankerfußlasche nur bei der Dachständerbauweise, während bei der Mastbauweise das Ankereisen an ihre Stelle tritt. Bei den Normungsarbeiten ist man so vorgegangen, daß man zunächst die Dachständerbauweise mit den bei ihr vorkommenden Bauteilen behandelt hat.

Dachständer (Entwurf DIN 48170)

Eine Übersicht wird in Bild 4 gegeben. Das Nächstliegende war eine Festlegung über die Dachständerrohre (Entwurf DIN 48170, Blatt 1). Es zeigte sich, daß bisher überwiegend die drei Weiten 2¼", 3" und



3½" mit den Millimeterwerten 57, 76 und 89 benutzt worden sind. Diese drei Werte wurden daher auch unter Zugrundelegung des Normblattes DIN 2448 für nahtlose Flußstahlrohre und des Blattes DIN 1629 für technische Lieferbedingungen für nahtlose Flußstahlrohre festgelegt. Vorwiegend dürfte das 3"-Rohr Verwendung finden.



Hinweise auf Normenbauteile:

1	Dachständerrohr	DIN Entwurf	48170	Blatt 1	
2.	Haube	„ „	48170	„ 2	
3.	Stützenisolator N 95	„ „	48150		
4.	Nulleiter-Stützenisolator N 95	„ „	48150		
5.	Stützenisolator N 80	„ „	48150		
6.	Gerade Isolatorstütze NS 95 B	„ „	48050		(Din VDE 8050)
7.	Gerade Isolatorstütze NS 80 B	„ „	48050		(Din VDE 8050)
8.	Querträger [6½	DIN	1026		
9.	Einseitiger Querträger [6½	„	1026		
10.	Schelle	DIN Entwurf	48170	Blatt 3	
11.	Preßring	„ „	48170	„ 5	
12.	Schutztrichter	„ „	48170	„ 5	
13.	Dachschutz	„ „	48170	„ 5	
14.	Ankerkopflasche	„ „	48170	„ 4	
15.	Kausche	„ „	48170	„ 4	
16.	Ankerseil	„ „	48170	„ 4	

Bild 4. Beispiel eines Dachständers mit Anker für 4-Leiter-Drehstrom und für eine Schaltleitung geringeren Querschnittes für Straßenbeleuchtung.

Drei den Rohrweiten entsprechende Hauben (Entwurf DIN 48170, Blatt 2) aus keramischem Werkstoff sind ebenfalls aufgenommen. Zur Berücksichtigung der Rohstofflage wurde hier Metall oder Stahl als Werkstoff abgelehnt. Außerdem sollte die Haube aus besonders korrosionsfestem Werkstoff bestehen, um einen lange dauernden einwandfreien Schutz des Rohrinnern zu gewährleisten.

Bei der Behandlung der Schelle (Entwurf DIN 48170, Blatt 3) wurde zunächst versucht, mit dem vorhandenen Normblatt DIN 1593 auszukommen. Schließlich führte aber der Gesichtspunkt, daß diese Schellen im Hinblick auf den erwünschten gleichen Lochmittenabstand für alle drei Dachständerrohrweiten eine Sonderstellung einnehmen, auch zu einer besonderen Festlegung dieser Normenreihe. Die Schellen dienen einheitlich zur Befestigung der Querträger (s. Bild 4), der Ankerkopflasche (Entwurf DIN 48170, Blatt 4) und des Dachständerrohres im Gebälk. Sie können auch zur Befestigung von Steigquerträgern dienen, die aber normenmäßig wegen ihres geringen Vorkommens nicht festgelegt werden sollen, meist aber aus einem entsprechend geformten Flacheisen bestehen.

Werden Querträger zur Halterung der Isolatorstützen oder zur Aufhängung von Zugisolatoren benutzt, so ist U-Eisen mit 65 mm Steghöhe vorgesehen (s. Bild 4). Ein gesondertes Normblatt ist zunächst nicht beabsichtigt, wohl soll aber der Querträger auf einem späteren Übersichtsblatt, das etwa Bild 4 entsprechen wird, aufgeführt werden. Außerdem ist daran gedacht, Festlegungen über die Abstände der Bohrungen zur Aufnahme der Stützen zu treffen. Ein Abstand von 500 mm dürfte zweckmäßig sein.

Die Hauptbestandteile eines Ankers sind in dem Entwurf DIN 48170, Blatt 4, behandelt. Für die Kausche konnte leider nicht auf die bereits genormten Kauschen (DIN VDE 3154, DIN L 69, Postnormblatt 624 W 53) zurückgegriffen werden, da diese für andere Bedingungen bemessen sind. Daher wurde eine bei vielen Werken einheitlich benutzte Form und Größe vorgesehen, die für 19-adrige Seile mit einer Festigkeit von 40 kg je mm^2 und einem Querschnitt von 50 und 70 mm^2 ausreicht.

Bei den Ankerseilen wurde besonderer Wert auf eine leichte Verarbeitbarkeit gelegt und demgegenüber eine aus anderen Gründen zweckmäßige große Zugfestigkeit der Seile erst in zweiter Linie berücksichtigt. Statt der ursprünglich vorgesehenen Seile von 70 kg/mm^2 Festigkeit wurden daher Seile mit 40 kg/mm^2 eingesetzt, weil die geringere Festigkeit eine leichtere Montage mit sich bringt. Bei der Ankerkopflasche war der Hauptgesichtspunkt eine geringe Lagerhaltung. Die jetzt vorgesehene Form kann in der gleichen Ausführung an sämtlichen drei genormten Dachständer-Rohrweiten benutzt werden. Da die Dachständerschellen ohnehin vorhanden sind, braucht für diesen Zweck also nur ein Teil auf Lager gelegt zu werden. Bei anderen Ausführungsarten, die ebenfalls zur Beratung standen und die technisch ebensogut sind, wären je Rohrweite ein oder zwei Stück, daher insgesamt also drei oder sechs Stück erforderlich gewesen. Die Ankerfußlasche dient zur einwandfreien Befestigung eines Ankerseiles im Gebälk des Hauses.

Die Dachständerabdichtung (Entwurf DIN 48170, Blatt 5) stellt die Festlegung einer bereits üblichen Ausführung dar.

Zusammenfassung

Nach einer Begründung für das Erfordernis der Neubearbeitung bzw. Neuaufstellung von Normblättern für Niederspannungs-Freileitungen, besonders also Freileitungs-Ortsnetze, werden die einzelnen Gruppen der Isolatoren, stromführenden Teile sowie Bauteile für den mechanischen Aufbau behandelt. Bei den Isolatoren wird zunächst auf die gemeinsamen und im Anschluß daran auf die besonderen Gesichtspunkte bei den Entwürfen für Stützen-, Schäkel- und Zugisolatoren, Isolier-Eier und Hauseinführungen eingegangen. Bei den stromführenden Teilen wird neben einer Besprechung des Entwurfes „Leitungsseile" kurz auf die bisherigen Arbeiten an Leitungsklemmen hingewiesen. Bei den Bauteilen für den mechanischen Aufbau werden als Einzelteile eines Dachständers die Entwürfe für Rohr, Haube, Schelle, Querträger, Anker und Abdichtung besprochen.

Ortsnetzbau mit Holzmasten

Von P. Perlick VDE, Saarbrücken

DK 621.315.17 : 621.315.668.1

Übersicht. Bemerkenswerte Fortschritte im Bau von Ortsnetzen mit Holzmasten werden beschrieben.

Das große Wohnungsbauprogramm des Führers, die Besiedlung der neuerworbenen Ost- und Westgebiete des Großdeutschen Reiches, der Wiederaufbau in den zerstörten Grenzgebieten und der allgemeine Zug nach Siedlungen am Rande der Großstadt werden dem Ortsnetzbau einen neuen Aufschwung geben. Es muß hier allerseits das Streben sein, diese neuen Ortsnetze den neuen Forderungen der Zeit anzupassen. Diese sind u. a.:

1. bessere und möglichst unauffällige Einpassung des Ortsnetzes in das Ortsbild,
2. erhöhte Betriebssicherheit mit Rücksicht auf den jetzt ganz allgemein gewordenen Gebrauch der Elektrizität, wobei Unterbrechungen in der Stromlieferung heute weitestgehend vermieden werden müssen,
3. weitgehende Verringerung des Bedarfes an Eisen, Aluminium und Kupfer mit Rücksicht auf die Rohstofflage,
4. Vereinheitlichung der Ortsnetzbauteile mit dem Ziele einer Verbesserung der Betriebssicherheit, Vereinfachung der Lagerhaltung, Vereinfachung der Fabrikation und Erleichterung der Montage und dadurch Herabsetzung der Errichtungs- und Unterhaltungskosten,
5. Schaffung von neuen Bauweisen, um auch den bisher nicht angeschlossenen weitabliegenden Häusern den Strombezug zu erträglichen Bedingungen zu ermöglichen.

Einige dieser Punkte, bei denen in letzter Zeit erhebliche Fortschritte erzielt wurden, sollen nachstehend behandelt werden.

Gute Einordnung in das Ortsbild

Die Wahl des Verlegungssystems — Holzmaste, Dachständer oder Kabel — wird in erster Linie von der Anordnung und der Gestaltung der Häuser und damit insbesondere von der Gegend abhängig sein. In Nord- und Ostdeutschland wird bei der üblichen weiträumigen Bauweise dem Holzmastenbau (Bild 1) der Vorzug gegeben. In Südwestdeutschland, wo sich vielfach Haus an Haus reiht, ist dem Dachständer der vorderste Platz einzuräumen. Für das gute Einfügen des Ortsnetzes in das Ortsbild ist allein entscheidend die sorgfältige Bauplanung und Bauausführung. Beide müssen unbedingt mit einigem Gefühl für das Schöne verbunden sein. Dachständer, die auffällig über die Dachfirsten ragen und die Häuser gleichsam an den Himmel hängen, wirken ebenso häßlich wie ein Durcheinander von Holzmasten mit vielen Streben, Auslegern usw. Gut gebaute und gut geplante Holzmast-Ortsnetze wirken ebenso unauffällig wie gut geplante Dachständerleitungen, und beide genügen auch erhöhten ästhetischen Anforderungen. Bei Anordnung der Firste senkrecht zur Straße und wenn hierbei die Häuser auf der Hinterfront keine niedriger gehaltenen Anbauten haben, ist eine Holzmastleitung hinter dem Hause stets unauffälliger als eine Dachständerleitung auf den Firsten. Zur unauffälligen Einfügung des Netzes in das Ortsbild muß bei der Holzmastbauweise auf folgendes besonders geachtet werden:

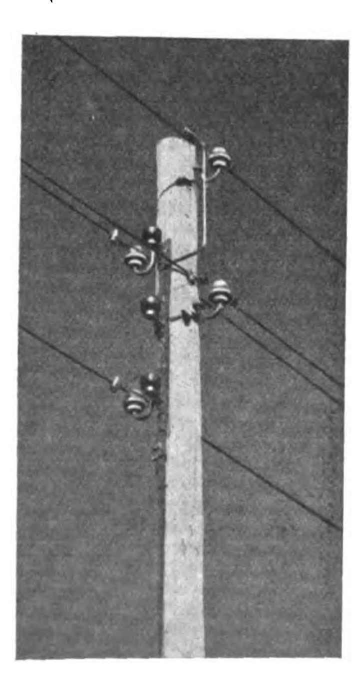


Bild 1. Einfacher Holzmast mit Kathodenfallableitern.

Die Ortsnetzlinien sollen möglichst gerade — unter Vermeidung auffälliger A-Maste, Eisenmaste und unschöner Gestänge — geführt werden. Es soll also möglichst nur der einfache Mast (Bild 1) als solcher gezeigt werden, der sich immer der Umgebung gut anpaßt. Eine Anhäufung von Masten ist zu vermeiden. Es ist also auf möglichst weite Spannfelder hinzuwirken. Ein Mittel hierzu ist die Erfassung von Doppelhäusern über einen Anschluß, aber über getrennte Hausanschlußsicherungen.

Bei Hausanschlüssen ist das Setzen von Streben und Ankern an den Masten soweit wie möglich zu vermeiden. Die Holzmasten sind an Stelle der Streben und Anker nach Möglichkeit mit oberen und unteren Fußschwellen im Erdreich zu versehen. Jahrelange Erfahrungen zeigen, daß die einseitige Beanspruchung der Maste bei Hausanschlüssen auf diese Weise einwandfrei aufgenommen werden, ohne daß eine Schiefstellung der Maste eintritt. Die Zahl der von einem Mast abgehenden Hausanschlüsse ist dabei zu beschränken. Dies kann dadurch erreicht werden, daß eine Hausanschluß-Mastabspannung noch für ein benachbartes Haus dadurch benutzt wird, daß vom ersten Haus nach dem nächsten Haus die Leitung weiter gespannt wird. Weiterhin sind die Hausanschlüsse so zu verlegen, daß sich die Züge der Mastabgänge möglichst aufheben.

Die Anordnung der Maste erfolgte bisher überwiegend an der Straße, da hier die Überwachung der Leitungen und das Anbringen der Straßenbeleuchtung am besten vorgenommen werden kann. Diese Bauweise erfordert im allgemeinen die geringsten Kosten und ist bei Vorhandensein von einigen Bäumen nicht aufdringlich[1]). Bei Fehlen von Bäumen, die eine gewisse Tarnung der Maste ermöglichen, und bei höheren Ansprüchen für das Aussehen kommt die Anordnung der Maste hinter den Häusern in Betracht (Bild 2).

Auch hier muß danach gestrebt werden, möglichst weitgehend unnötiges Beiwerk von Streben und Ankern an den Masten zu vermeiden. Die Führung der Leitungen hinter den Häusern unterstützt dieses Bestreben, denn viele vom Architekten absichtlich hereingebrachten Straßenkrümmungen oder Winkel brauchen bei dieser Linienführung nicht berücksichtigt zu werden, und es wird dadurch eine unauffällige gerade Leitungsführung ermöglicht. Die Spannweiten zwischen den Masten sind auch hier möglichst groß zu wählen. Da die Hausanschlüsse dadurch teilweise länger als üblich werden, so ist als Seil allgemein 25 mm² Aluminium oder auch 16 mm² Stahlaluminium zur Aluminiumeinsparung vorzusehen. Die Abgänge für Hausanschlüsse müssen auf das Notwendigste beschränkt werden. Hierbei muß wiederum eine Mastabspannung möglichst für mehrere Häuser benutzt

[1]) S. a. H. Kolb, Elektrizitätswirtsch. 38 (1939) S. 673.



Bild 2. Gartenseite einer Siedlung mit Holzmasten.

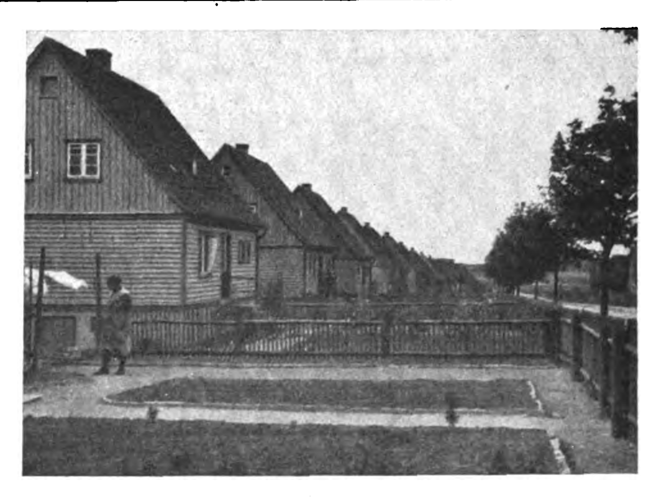


Bild 3. Straße einer Bergarbeitersiedlung. Die Holzmaste stehen hinter den Häusern, siehe Bild 2.

werden. Beträgt der Abstand zwischen den Häuserreihen auf der Gartenseite mehr als etwa 50 bis 60 m, dann werden die Hausanschlüsse zu lang. Es muß dann auf jeder Gartenseite je eine Mastreihe verlegt werden. Hierbei empfiehlt es sich, die Maste nicht zu weit von den Häusern entfernt zu setzen, damit diese in der Bildsilhouette der Häuser (Bild 2) verschwinden. Die Maste werden bei dieser Anordnung durch die Hausanschlüsse einseitig beansprucht. Die Zahl der Hausabspannungen von einem Mast sind auch hier, und zwar in diesem Falle zur Verminderung der einseitigen Züge, möglichst zu verringern. Auch hier genügt die erwähnte Verankerung des Mastes mit Schwellen.

Bild 3 zeigt z. B. das Straßenbild einer Bergarbeitersiedlung, bei welcher hinter jeder Häuserzeile je eine Leitung verlegt ist. Durch den weiten Abstand der Maste wirken auch hinter den Häusern die Maste nicht aufdringlich (Bild 2). Um die Leitungen in Bild 2 überhaupt deutlich sichtbar zu machen, mußte die Aufnahme von einem niedrigen Blickpunkt aufgenommen werden.

Derartige Holzmastortsnetze unterscheiden sich vom Aussehen von Kabelnetzen hinsichtlich der Straßenansicht nur wenig. Die noch übrigbleibenden sichtbaren Maste hinter den Häusern verschwinden im Ortsbild. Das Straßenbild ist vollständig frei von Masten, die Dächer sind frei von Dachständern und Leitungen.

Vergleich von Ortsnetzbauweisen

Gegenüber der Kabelbauweise ergibt diese Bauweise hinter den Häusern in Siedlungen wesentliche Vorteile, wie z. B. wesentlich niedrigere Anlagekosten, leichtere Erweiterungs- und Verstärkungsmöglichkeiten und schnellere Beseitigung von Störungen, insbesondere bei Frost.

Um ein Gefühl für die Kostenunterschiede zu erhalten, wurden für einen Teil einer ausgeführten Großsiedlung die Kosten für ein Holzmast- und für ein Kabelnetz bei gleichen Voraussetzungen ermittelt.

Dieser Siedlungsteil besteht aus 4 Straßen in Nord-Süd-Richtung mit je etwa 27 Häusern beiderseits der Straße und 2 abschließenden Straßen in der Ost-West-Richtung, wobei die äußeren Straßenseiten noch bebaut werden sollen, aber vorläufig nur die äußere Straßenseite der nördlichen Ost-West-Straße mit 16 Einfamilienhäusern bebaut ist. Die übrigen 108 Häuser in den Nord-Süd-Straßen, die zur Belebung des Straßenbildes gekrümmt angelegt sind, bestehen aus 30 Einfamilienhäusern, 12 Doppelreihenhäusern, 4 Dreifamilien-Reihenhäusern und 6 Siebenfamilien-Reihenhäusern. Auf der Gartenseite stehen die Häuser nur 40 bis 55 m auseinander. Es tritt also der günstige Fall ein, daß bei Führung der Leitungen hintern den Häusern für zwei Häuserzeilen nur eine Mastreihe benötigt wird und daher gegenüber der Anordnung der Maste in der Straße zusätzliche Maste nicht notwendig werden. Bei einem größeren Abstand der Häuserzeilen auf der Gartenseite muß für jede Häuserreihe eine Mastreihe vorgesehen werden, und dann ist mit etwa 30 % höheren Kosten als bei der Führung der Leitung in der Straße zu rechnen.

Die genaue Kostenermittelung unter Annahme möglichst gleicher Verhältnisse hinsichtlich der Belastungen, Spannungsabfälle, Installationsleitungen usw. ergab folgende Verhältniszahlen:

1. Ausführung des Ortsnetzes durchweg mit Holzmasten und Führung des Ortsnetzes an der Straße 1,00
2. dgl., jedoch Ausführung der schweren Winkelmasten (5 Stück) als feuerverzinkte Eisengittermaste 1,25
3. Ausführung des Ortsnetzes durchweg mit Holzmasten auf der Gartenseite der Häuser . 1,00
4. wie unter 3., jedoch Ausführung der schweren Winkelmaste (4 Stück) als feuerverzinkte Eisengittermaste 1,20
5. Ausführung des Ortsnetzes in Kabel, und zwar unvermascht, in Stichen, in primitiver Ausführung, je Straße 1 Kabel 1,8
6. wie unter 5., jedoch einfach vermascht, mit 6 Trennkästen für 2 Kabeleinführungen und 5 Schaltkästen für 3 Kabeleinführungen, je Straße 1 Kabel 2,1

Die einmaligen Errichtungskosten sind nicht allein entscheidend. Es ist vielmehr festzustellen, wie die Jahreskosten über einen größeren Zeitabschnitt verlaufen. Die Jahreskosten sind wesentlich abhängig von der Güte der Ausführung, z. B. bei Holzmasten, insbesondere von der Imprägnierung der Maste, weiterhin auch von der Art der zur Verfügung stehenden Geldmittel, die den einzusetzenden Zinsfuß wesentlich bestimmen.

Bei guter Imprägnierung kann man auf Grund der bisherigen Erfahrungen für einen Holzmast mit Teerölimprägnierung eine durchschnittliche Lebensdauer von 20 bis 25 Jahren mit Sicherheit annehmen[2]). Nach Ablauf dieser Zeit wird häufig infolge der zwischenzeitlichen technischen Entwicklung und auch wegen des ganz veränderten Stromabsatzes ein Neubau des Ortsnetzes an und für sich erforderlich sein, so daß die begrenzte Lebensdauer der Holzmaste in entwicklungsfähigen Ortsnetzen oft nicht so besonders nachteilig in Erscheinung tritt.

---

[2]) P. Perlick, ETZ 60 (1939) S. 1009.



Bild 4. Hausanschluß mit Zugisolatoren Z 80.

Zugisolatoren

Neben der zweckentsprechenden Planung und einer gewissenhaften Baudurchführung ist eine weitere wesentliche Voraussetzung für ein gutes Ortsnetz die richtige Auswahl der Ortsnetzbauteile. Leider muß immer wieder noch festgestellt werden, daß in manchen Stromversorgungsunternehmen noch immer Material verwandt wird, das zur Zeit der ältesten Telegraphenleitungen auch im Niederspannungsbau üblich war. Es sollte z. B. endlich Allgemeingut werden, daß für die Niederspannungs-Starkstromleitungen nur die eigens dafür geschaffenen gefälligen Isolatoren N 80- und N 95-Isolatoren einzubauen sind.

Einen weiteren Fortschritt würde es bedeuten, wenn möglichst bald durchweg auf die braune Färbung der Niederspannungsisolatoren übergegangen würde[3]). Für den Betrieb haben die braunen Isolatoren den Vorteil, daß Porzellanfehler besser erkannt werden.

Für die Isolatoren N 80 und N 95 werden beim Holzmastenbau normal gebogene Stützen mit Holzgewinde nach DIN VDE 8051 benutzt, die für 68 kg bzw. 110 kg zulässigen Zug bemessen sind. Bei einem Aluminiumquerschnitt von 25 mm² dürfte, um bei Endabspannungen die Isolatorenstütze nicht zu überspannen, die Leitung nur mit etwa 2,7 kg Höchstzug gespannt werden; bei der Stütze für den Isolator N 95 ist beim gleichen Querschnitt ein Höchstzug von nur etwa 4,4 kg zulässig.

Bei größeren Spannweiten der Hausanschlüsse, die sich mit Rücksicht auf Einsparungen von Masten und Gestänge und mit Rücksicht auf das bessere Aussehen des Ortsnetzes sehr oft ergeben, können diese niedrigen Zugspannungen nicht eingehalten werden, da sonst ein Zusammenschlagen der Leitungen zu befürchten ist. Es muß zudem bei Hausanschlüssen damit gerechnet werden, daß das Ortsnetz arbeitet und mancher Hausanschluß oft mehr auszuhalten hat als ursprünglich beabsichtigt war. Weiter kommt noch hinzu, daß die Hausabspannungen an gebogenen Stützen mit Isolatoren N 80 und N 95 nicht besonders ansprechend aussehen.

Diese Nachteile vermeiden die neugenormten Zugisolatoren Z 80 und Z 95. Der Zugisolator Z 80 ist allein für Hausanschlüsse bestimmt und soll dort in wirtschaftlich und technisch vorteilhafter Weise den N 80 und N 95 auf gebogener Stütze ersetzen. Der Zugisolator Z 95 anderseits kann in vielen Fällen an die Stelle des großen, klobigen Schäkelisolators Sch 115 im Sinne einer besseren Werkstoffausnutzung mit Vorteil eingebaut werden.

Bild 4 zeigt eine Hausabspannung mit Zugisolatoren Z 80; die hier gezeigte Form ist der Vorläufer der genormten (s. S. 132). Die genormte Form ist noch etwas gefälliger gestaltet. Die Isolatoren sind seit mehreren Jahren in einigen Tausend Stück in Betrieb und haben sich auch bei außerordentlich schwerer Beanspruchung gut bewährt. Neben dem guten Aussehen der Abspannung ist auf den weiteren Vorzug hinzuweisen, daß die Freileitungsseile auch sehr schräg an das Haus anspringen können. Wie bei den Vollkernisolatoren der Hochspannungstechnik wird hier das Porzellan bewußt auf Zug und z. T. auf Biegung beansprucht. Während eine gebogene Stütze N 80 etwa bei 160 bis 190 kg, eine gebogene Stütze N 95 etwa bei 250 bis 300 kg, der Schäkelisolator Sch 115 mit Bügel bei Angriff der Kraft in günstigster Richtung bei etwa 1200 kg, bei Angriff der Kraft in ungünstigster Richtung sogar bei 600 kg vollkommen deformiert wird und dann bricht, liegen die Bruchlastwerte beim Isolator Z 80 etwa bei 1000 bis 1400 kg, beim Isolator Z 95 etwa bei 2100 bis 2500 kg. Trotz dieser erheblich höheren Bruchlastwerte ist der Eisenaufwand beim Isolator Z 80 um etwa 20 % kleiner als beim Isolator N 95 mit gebogener Stütze. Beim Isolator Z 95 tritt gegenüber dem Schäkelisolator eine Eiseneinsparung von 60 % bzw. fast 2 kg je Isolator ein; das wirkt sich auch preislich derart aus, daß die Verwendung eines Isolators Z 95 an Endabspannungen an Stelle eines Schäkelisolators über 60 % Kostenersparnisse bringt.

Bei beiden Isolatoren der Z-Type wird die Leitung durch den Porzellankörper hindurch gefädelt, die Seilbefestigung geschieht durch Kerb- oder Nietverbinder oder mittels einer Endbundklemme. Bei Hausanschlüssen kann mit Vorteil eine Endbundklemme benutzt werden, die gleichzeitig auch die Verbindung mit der Cu- oder Alu-Installationsleitung zuläßt (s. Bild 4).

Die Niederspannungsseite der Transformatorenstation

Bei Endabspannungen an Transformatorenhäusern mit Zugisolatoren Z 95 an Stelle von Schäkelisolatoren kommt neben der wesentlichen Material- und Geldeinsparung noch das erheblich bessere Aussehen dieser Abspannung (Bild 5) als besonders begrüßenswert hinzu. Die Transformatorenstation ist das Aushängeschild des Werkes in der betreffenden Gemeinde, und auf ihre gute, aber dennoch nicht aufdringliche Gestaltung sollte besonderer Wert gelegt werden. Entsprechend den umgebenden Häusern wird die Station geputzt (Bild 5) oder in Backstein (Bild 6) auszuführen sein. Neben guten Proportionen, sorgfältiger Dach-, Tür- und Fensterausbildung, die sowohl allen technischen, aber auch genügend den ästhetischen Anforderungen entsprechen müssen, ist ganz besonders auf die Einführung der Hoch- und Niederspannungsleitungen zu achten. Hierbei wird leider oft den Niederspannungsleitungen nicht die erforderliche Beachtung geschenkt. Durch nicht organisch in die Station eingefügte Niederspannungsleitungen verlieren auch gut gebaute Stationen ihr schönes Aussehen. Es empfiehlt sich, die Niederspannungsleitungen in ähnlicher Weise wie die Hochspannungsleitungen an der Station auf besonderen Abspannfeldern, die denen der Hochspannungsein-



Bild 5. Niederspannungsabspannung an einer geputzten Transformatorenstation mit Zugisolatoren Z 95.

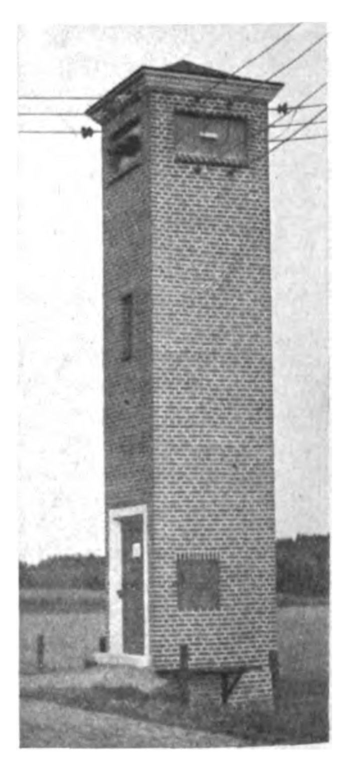


Bild 6. Niederspannungsausführungen mit Zugisolatoren Z 95 an einer Backstein-Transformatorenstation.

[3]) s. Seite 109/110.

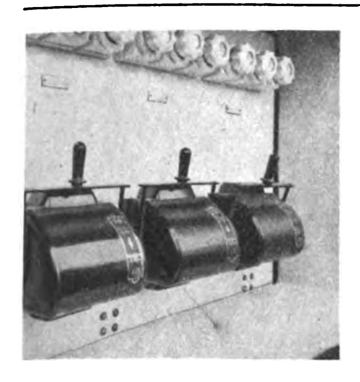


Bild 7. Niederspannungshebelschalter mit Sicherungen in einer Ortsnetzverteilung.

führungen entsprechen und eine oder zwei Niederspannungsabspannungen aufnehmen können, in der Höhe der Hochspannungsleitungen abzuspannen. Die Station erhält dadurch ein ruhiges Aussehen; dies wird noch verstärkt, wenn im Gegensatz zu Bild 5 auch die Lüftung in diese Abspannzone einbezogen wird. Es ergibt sich so eine geordnete „technische Zone" an der Spitze des Turmes, die alles Unruhige in geklärter Form in sich aufnimmt. Diese „technische Zone" kann bei der geputzten Form noch durch Klinkerwerk herausgehoben werden (Bild 5).

Von den Zugisolatoren und den Endbundklemmen an der Transformatorstation führt das Seil über Verbindungsklemmen und starke NGA-Leitungen, die in Stahlrohren gelagert sind, zu den Niederspannungs-Verteilungstafeln. Für die Erhöhung der Betriebssicherheit, Vereinfachung der Montage und Lagerung und Einsparung von Gummi und Eisen würde es einen Fortschritt bedeuten, wenn das Freileitungsseil unmittelbar ohne Klemmen zu der Verteilungstafel geführt wird. Hierbei wäre es nötig, die Stationseinführungen für blanke Leitungen umzugestalten und die Seile in der Station in Isolierrohren — sei es aus Porzellan oder Preßstoff — einzulagern. Die Ausgestaltung dieser Isolierrohre könnte z. T. der Porzellankabeltechnik entnommen werden. Derartige

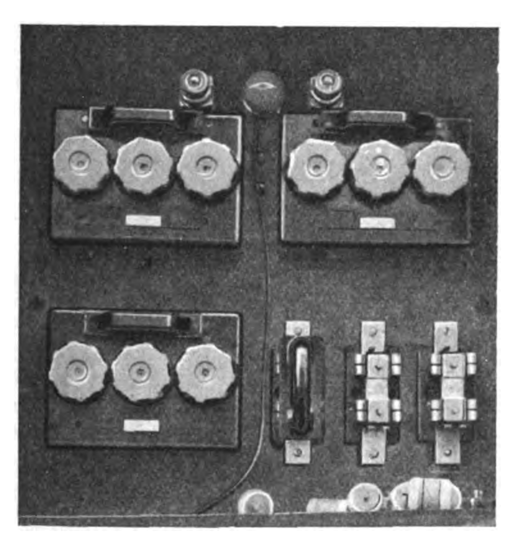


Bild 8. Ortsnetzverteilungstafel mit abschaltbaren Schraubsicherungen für die Stromkreise und Paketsicherungen für einen Transformatorkreis. Mit Prüfstecker, Prüflampe mit Sicherung und Sicherung für Transformatorhausbeleuchtung.

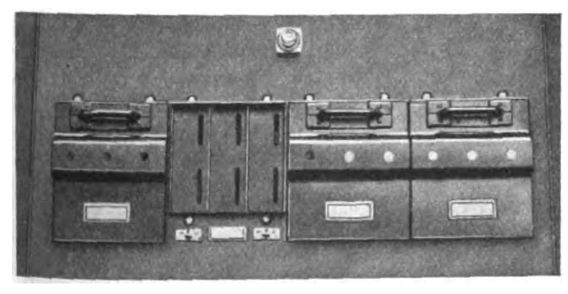


Bild 9. Ortsnetzverteilungstafel mit besonders gutem Berührungsschutz. Durchgegangene Sicherungen an Schaugläsern erkennbar. Zweites Schaltfeld von links mit gezogenem Schalter.

Versuche sind im Gange, und es kann hierüber vielleicht später berichtet werden.

Die Verteilungstafeln selbst sind mit der Zeit mit einer immer größeren Anzahl von Stromkreisen ausgestattet worden, da eine weitgehende Unterteilung des Ortsnetzes von der Station aus die Fehlerauswirkung wesentlich eingrenzt und zudem auch zur Verringerung der Spannungsabfälle im Laufe der Zeit weitere Stromkreise erforderlich wurden.

Bei einer Vielzahl von Abzweigungen erweisen sich die bislang oft gebrauchten geschlossenen Niederspannungs-Hebelschalter mit getrennten Sicherungen (Bild 7) als zu platzraubend. Außerdem wird immer mehr Wert auf eine zwangläufige Ausschaltung beim Auswechseln von Sicherungen, auf größere Stromstärken, auf eine einfache, schnelle Montage mit wenigen geraden Verbindungsstrecken auf der Rückseite gelegt. Das Ergebnis der neueren Entwicklung stellen die Konstruktionen der Bilder 8 und 9 dar. Bei beiden Konstruktionen werden nach dem Ausschalten des Schaltkastens die Sicherungen spannungslos, bei der einen Konstruktion können Schraubsicherungspatronen, bei der zweiten Konstruktion Streifensicherungen bzw. Sicherungspatronen mit Kontaktfahnen eingebaut werden. Die Konstruktion von Bild 9, die auf Anregung des Verfassers geschaffen wurde, ist nach dem Baukastenprinzip gestaltet und ist auf der Bedienungsseite ohne spannungsführende Teile; diese liegen berührungssicher hinter einer Isolierstoffwand. Diese Konstruktion eignet sich daher insbesondere für Niederspannungsluken, die auch vom Laien bedient werden müssen.

Einheitliche Spanntafeln für Ortsnetze

Das Spannen der Seile im Ortsnetz geschieht bisher in fast allen Fällen nach Durchhangstafeln, wie sie auch für Hochspannungsleitungen im Gebrauch sind, d. h. jeder Querschnitt wird nach eigenen Tafeln gespannt. Der Ausgangszustand für diese Tafeln ist gegeben durch die gewählte Höchstzugspannung bei —5 °C und Zusatzlast bzw. bei —20 °C, je nachdem, ob die betreffende Spannweite größer oder kleiner als die kritische Spannweite ist.

Da die VDE-Zusatzlast sich nach der Formel $0{,}180 \cdot \sqrt{d}$ in kg errechnet, also bei gleichem Leiterwerkstoff den Seilquerschnitten nicht proportional ist, ergibt sich, daß die Durchhänge für die verschiedenen Querschnitte bei den Temperaturen von —20 ° bis + 40 °C ohne Zusatzlast nicht gleich sind. Der Durchhang bei den kleinen Querschnitten ist dabei größer als bei den großen Querschnitten. Die bei diesem Verfahren erforderlichen vielen Tabellen sind zweifellos eine Belastung des Baupersonals und sind m. E. bei Ortsnetzleitungen, bei welchen die Maste regelmäßig in kurzen Abständen stehen, in dieser Vielzahl nicht erforderlich, da der Durchhang infolge seiner Geringfügigkeit bei der Wahl der Mastlänge eine geringe Rolle spielt. Man stellt daher zweckmäßig eine einheitliche Spanntabelle unter Beachtung folgender Gesichtspunkte[4]) auf:

1. Für alle Querschnitte wird ein Durchhang entsprechend 25 mm² Al bei einer Höchstspannung von 8 kg/mm² oder einer etwas niedrigeren zugrunde gelegt.
2. Beim Spannen tritt in allen Spannfeldern die gleiche Zugbelastung auf, da sich die Zugspannung über die Montagerollen ausgleicht. Es wird daher bei allen Querschnitten und allen in Frage stehenden Mastabständen von einer einheitlichen Verlegungsspannung je mm² und einer bestimmten häufig vorkommenden Verlegungstemperatur ausgegangen.
3. Nach dem Abbinden arbeitet jedes Feld für sich, und es stellt sich unabhängig vom Nachbarfeld entsprechend der geänderten Temperatur die Zugspan-



[4]) S. a. K. Kohler, Elektrotechn. u. Masch.-Bau 56 (1938 S. 234.

nung ein. Bei stark verschiedenen Feldern können kleine Differenzen an den Bindungen auftreten. Diese treten aber bei der alten Verlegungsart ebenfalls auf.

Bei der Seilverlegung ergeben sich dann folgende Vorteile:

1. Auf der Baustelle braucht nur eine einzige Spanntabelle mit wenigen Zahlen vorhanden zu sein.
2. Die Seile hängen im Ortsnetz überall mit dem gleichen Durchhang bei gleicher Spannweite durch. Es entsteht dadurch ein einheitliches Bild.
3. Die großen Querschnitte erhalten eine geringere Höchstzugspannung als die kleinen Querschnitte, dadurch kann die Bemessung aller Bauteile gerade bei den großen Querschnitten — ohne daß die Sicherheit beeinträchtigt wird — heruntergesetzt werden. Dies bewirkt eine Werkstoffersparnis, insbesondere von Eisen für die Befestigungsorgane. So wird z. B. bei 45 m-Mastfeldern und einem Aluminiumseil von 95 mm² Querschnitt statt eines Höchstzuges von 8 kg, mit dem die Maste sonst zu berechnen sind, nur ein Höchstzug von 5,1 kg für die Mastberechnung zugrunde zu legen sein. Dadurch nimmt der Spitzenzug um ungefähr 36 % ab, und es tritt eine erhebliche Einsparung an Eisen für die Gittermaste ein. Auch bei der Bemessung anderer Bauteile, wie Dachständer, Anker, Abspannisolatoren usw., wirkt sich der verminderte Zug werkstoffsparend aus.

Niederspannungsleitungen im Weitspannsystem

In der Heide oder sonstigen dünn besiedelten Gegenden ist die wirtschaftliche Versorgung der Abnehmer ein besonders schwieriges Problem. Selbst wenn die Abnehmer in der Lage sein sollten, die Anschlußkosten zum größeren Teil zu übernehmen, so verbleiben doch dem Elektrizitätsversorgungsunternehmen neben den Kapitalrestkosten noch die in diesem Falle sehr erheblichen Unterhaltungskosten, so daß oft von einer Rentabilität der Anschlüsse nicht gesprochen werden kann. Um auch diesen Volksgenossen, die in ihrer Einsamkeit den Segen der Elektrizität wohl am besten schätzen, zu helfen, ist ein Niederspannungs-Weitspannsystem entwickelt worden mit dem Ziele, die Anlagekosten und insbesondere die Unterhaltungskosten auf ein erträgliches Maß herunterzusetzen. Bild 10 zeigt eine derartige Leitung.

Zur Verringerung der Masthöhe und zur Vermeidung des Zusammenschlagens der Leitungen bei Eisabwurf sind die Leiterseile in einer Ebene angeordnet, und zwar mit einem Abstand der Phasen von etwa 70 cm. Der Abstand der Maste beträgt je nach dem Leitungsquerschnitt 80 bis 110 m, also das Doppelte der bisher üblichen Bauweise.

Die Befestigung der Leitungen an den feuerverzinkten Querträgern, welche aus Winkeleisen 50 × 50 × 5 bestehen, geschieht mit Niederspannungs-Hängeisolatoren, und zwar werden hierbei die Leitungen durch die Isolatoren Z 80 hindurchgefädelt. Auf die zusätzliche Befestigung der Leitungen in den Hängeisolatoren ist versuchsweise zunächst bei einem Teil der bereits errichteten Niederspannungs-Weitspannleitungen verzichtet worden. Die bisherigen Erfahrungen, die auch den letzten überaus strengen Winter umfassen, haben eine nachträg-

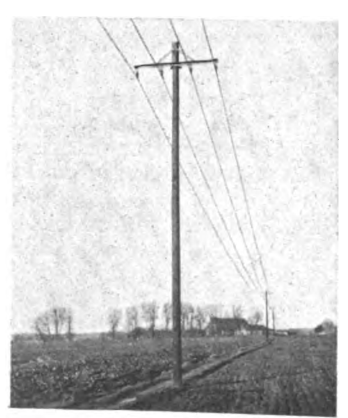
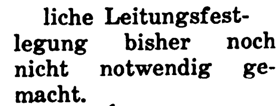


Bild 10. Niederspannungsleitung im Weitspannsystem.



liche Leitungsfestlegung bisher noch nicht notwendig gemacht.

Die Hausabzweige werden derart am Mast hergestellt, daß von je zwei Abspannisolatoren über und unter dem Querträger vom Mast nach dem Haus abgespannt wird.

Die Winkelmaste werden als Holz-A-Maste ausgeführt. Hierbei werden bei kleinen Winkeln zwei normale Traversen mittels Hilfseisen zusammengefaßt. Die Abspannung geschieht wie bei Hochspannungsleitungen, und zwar mit Isolatoren Z 95. Bild 11 stellt einen derartigen Holz-A-Mast, an dem auch Kathodenfallableiter befestigt sind, dar.

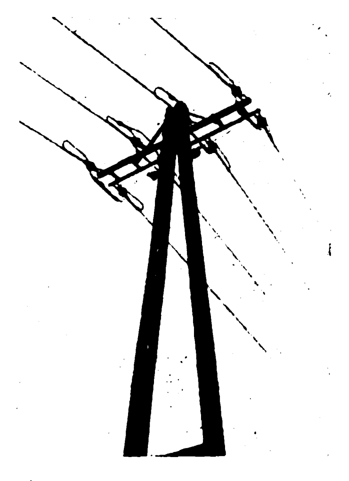


Bild 11. Holz-A-Mast mit Kathodenfallableitern für das Niederspannungsweitspannsystem.

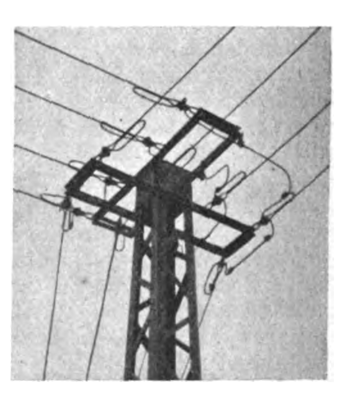


Bild 12. Schwerer Abzweigmast aus Eisen im Niederspannungsweitspannsystem.

Leitungsabzweigungen werden mittels einer Hilfstraverse ausgeführt, welche unter dem Hauptquerträger und senkrecht zu dieser am Holz-A-Mast angebracht wird, bei besonders schweren Abzweigungen auf Eisenmasten mit senkrecht aufeinanderstehenden Querträgern, wie dies in Bild 12 gezeigt wird. Die einfache übersichtliche Leitungsführung infolge Anwendung der Zugisolatoren ist deutlich erkennbar.

Als Leitungsmaterial kommt für die Weitspannbauweise vor allem Stahl-Aluminiumseil in Betracht. Die Errichtungskosten derartiger Leitungen im Weitspannsystem sind um etwa 20 % kleiner als bei der normalen Bauweise. Es wird besonders an Masten gespart, dadurch verringern sich die Unterhaltungskosten erheblich. Bei einer Leitungsbelegung von 3 × 70 mm² und 1 × 50 mm² Stahl-Aluminium oder Aluminium werden z. B. bei der alten Bauweise etwa 25 Maste 15/17 cm Zopf und 9 m lang je 1 km Leitungslänge eingebaut, während im Weitspannsystem nur etwa 12 Maste 17/19 cm Zopf und 10 m lang benötigt werden. Da die Masterneuerungskosten die wesentlichsten Kosten bei der Unterhaltung der Niederspannungsleitungen darstellen, so ergibt sich, daß durch die Einsparung von etwa 50 % der Masten die Unterhaltungskosten ganz beträchtlich gesenkt werden können.

Weiter dürfte einleuchtend sein, daß eine derartige Niederspannungsleitung im Weitspannsystem auch ohne allzu große Beeinträchtigung der Landwirtschaft quer über die Felder gebaut und dadurch die Linienführung verkürzt werden kann. Dadurch treten weiterhin Einsparungen an Errichtungs- und Unterhaltungskosten ein, und es wird dadurch der Anschluß weit entfernt liegender Abnehmer eher ermöglicht.

Bemessung der Eingrabtiefe von Holzmasten

Bei diesem Weitspannsystem ist es erforderlich, der Eingrabtiefe der Masten besondere Beachtung zu schenken. Es hat sich hierbei als vorteilhaft erwiesen, eine



handliche Formel zu benutzen, die vielleicht auch für andere Fälle mit Vorteil angewandt werden kann. Bei der Ableitung dieser Gleichung ist von der von G. Sulzberger angegebenen Formel[5]) für das Erdreaktionsmoment eines Zylinders ausgegangen worden:

$$M_e = \frac{d_e\, t^3}{52{,}8}\, C_t \operatorname{tg} \alpha\,. \qquad (1)$$

Hierin ist:

M_e das Erdreaktionsmoment in ⅔ Eingrabtiefe in cm kg,
C_t die Baugrundziffer in t m Tiefe, in kg/cm³,
$\operatorname{tg} \alpha$ die zulässige Neigung des Mastes,
t die Eingrabtiefe in cm,
d_e der Mastdurchmesser in ⅔ Eingrabtiefe in cm.

Sulzberger nimmt an, daß die Baugrundziffer bei gleichbleibender Bodenart und Beschaffenheit bis zu einem gewissen Bereich annähernd proportional mit der Tiefe zunimmt. Da die von ihm angegebenen Baugrundziffern für eine Tiefe von 2 m gelten, ist

$$C_t = \frac{t\, C}{200}\,.$$

Setzt man $\operatorname{tg} \alpha = 0{,}01$ und ersetzt man d_e durch die Zopfstärke Z in cm, dann ergibt sich:

$$M_e = \frac{\left(Z + \frac{17}{18} H \cdot 0{,}7\right) t^4\, C \operatorname{tg} \alpha}{200 \cdot 52{,}8}. \qquad (2)$$

Hierin ist H die Gesamtlänge in m, 0,7 die Mastzunahme in cm je 1 m und C die Baugrundziffer in kg/cm³ für 2 m Tiefe einzusetzen.

Das Moment, hervorgerufen durch den Winddruck auf die Leitungen und den Mast, beträgt in ⅔ Eingrabtiefe:

$$M_w = a\, \Sigma d \cdot 125 \cdot 0{,}5 \cdot \frac{17}{18} H + \left(Z + \frac{5}{12} H \cdot 0{,}7\right) \frac{5}{6} H \cdot 125 \cdot 0{,}5 \cdot \frac{19}{36} H. \qquad (3)$$

Hierin ist

a die Spannweite in m,
Σd die Summe der Durchmesser d aller an dem Mast verlegten Leitungen in cm,
125 der Winddruck in kg/m²,
0,5 ein Rundungsfaktor.

Setzt man nun die Formel (2) gegen Gleichung (3), dann ergibt sich, wenn man zur Vereinfachung bei der Mastverdickung mit zunehmender Länge $H = 60\, Z$ setzt, die Eingrabtiefe[6])

$$t \geq 10 \sqrt[4]{4500 \frac{H}{C\, Z} (a\, \Sigma d + 0{,}55\, Z\, H)}.$$

Nimmt man bei normalem Bauen eine Baugrundziffer von 6 kg/cm³ an, so ergibt sich die Eingrabtiefe zu:

$$t = 10 \sqrt[4]{750 \frac{H}{Z} (a\, \Sigma d + 0{,}55\, Z\, H)}.$$

Werden die Masten mit den hiernach errechneten Werten eingegraben, dann ist die Standfestigkeit eine ausreichende, wie das Verhalten dieser Maste bei dem außergewöhnlichen Sturm am 14. 11. 1940 es bewies.

Eiseneinsparung

Der Verbrauch an Eisen dürfte beim Niederspannungs-Weitspannsystem nur um ein geringes höher sein als bei normalen Niederspannungsleitungen, die Einsparung an Holz ist dafür um so bedeutender.

Eisen läßt sich bei dem Bau neuer Ortsnetze insbesondere dadurch sparen, daß an Stelle von Eisenverteilungsmasten, Eisenwinkelmasten und dgl. besonders ausgebildete Holzmaste verwendet werden. Normale Regel-A-Maste, die den Postvorschriften entsprechen, können z. B. bei 11 m Länge und einer Zopfstärke von 18 cm an der Mastspitze in Richtung der Mastebene etwa mit 1000 kg und mit etwa 350 kg in der Ebene senkrecht hierzu beansprucht werden. Wird nun die auf Druck beanspruchte Stange durch eine weitere Stange verstärkt, dann steigt die mögliche Beanspruchung auf 2000 kg in der Mastebene und 440 kg senkrecht hierzu.



Bild 13. Doppel-A-Mast, eben errichtet.

Werden zwei gleiche A-Maste (s. Bild 13) mit den vorgenannten Abmessungen als sogenannte gekuppelte A-Maste verbunden, dann steigt der zulässige Zug auf 6000 kg in der Mastebene und 1425 kg in der Ebene senkrecht hierzu. Benötigt man für die beiden Mastachsen eine größere Festigkeit, dann muß man zu Holzgittermasten übergehen, wie sie bereits gelegentlich eingebaut sind. Es lassen sich also durch die vorgenannten Maßnahmen auch Eisenmaste für hohe Spitzenzüge durch Holzmaste ersetzen. Alle diese Maßnahmen gelten nur für die eisenarme Zeit, da die Auswechselung hochbeanspruchter Maste kostspielig ist und diese Maste das Ortsbild nicht besonders verschönen.

Es wurde weiterhin der Versuch gemacht, zur Eiseneinsparung auch die Isolatorenstützen aus Porzellan herzustellen. Die Montage ist etwas umständlicher als die beim Einbau normaler gebogener Eisenstützen, da die Porzellanstützen mit zwei Holzschrauben befestigt werden müssen. Die erreichten Zugwerte sind ausreichend. Das Aussehen ist befriedigend. Es werden außerdem wesentlich höhere Isolationswerte erreicht.

Bereits bei der Besprechung der Zugisolatoren wurde erwähnt, daß die Verwendung von Zugisolatoren Z 95 an Stelle der Schäkelisolatoren eine erhebliche Eiseneinsparung mit sich bringt.

Schnellhöhen

Bei der ersten Projektierung der Niederspannungsleitungen im Weitspannsystem wurde daran gedacht, unter Beibehaltung der gebogenen Stützen nur die Mastabstände zu vergrößern. Die Phasen liegen hierbei senkrecht untereinander, und es waren daher die Schnellhöhen der Seile bei Eisabwurf zu berücksichtigen. Für die Berechnung der Schnellhöhen sind zwei Formeln (4)[7]) und (5)[8]) gebräuchlich:

$$h_s = 2\, \Delta f, \qquad (4)$$

$$h_s = 0{,}5\, \Delta f \frac{g_z}{g_0}\,. \qquad (5)$$

[5]) Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 18 (1927) S. 337.
[6]) Die Rechnung wurde von P. Schröder, Hannover durchgeführt.

[7]) s. Hilfsbuch für Aluminiumfreileitungen 1940, S. 227.
[8]) s. J. Gröbl, Elektrizitätswirtsch. 33 (1934) S. 491.

Hierbei ist

h_s die Schnellhöhe in m,
Δf die Differenz der Durchhänge bei — 5 ° mit (f_z) und ohne (f_0) Zusatzlast,
g_z das Gewicht der Zusatzlast in kg/m,
g_0 das Gewicht des Leiterseiles ohne Zusatzlast in kg/m.

Beide Formeln ergaben stark unterschiedliche Werte, und es wurden daher zur Klärung der Frage Schnellversuche mit den für Niederspannung- und Holzmast-Hochspannungsleitungen in Betracht kommenden Seilen, wie Stahl-Aluminium 16, 25, 35 und 50 mm², Reinaluminium 35, 50, 70 und 95 mm² und Kupfer 25 und 35 mm² angestellt. Die Versuche wurden bei einem Spannfeld von 71,5 m und einem Spannfeld von 123,2 m durchgeführt. Die Versuchstemperaturen betrugen beim kleinen Spannfeld + 10 ° C, beim großen Spannfeld + 18 ° C.

Die Durchhänge und Schnellhöhen wurden durch direkte Beobachtung an einem Maßstab abgelesen, welcher in der Mitte des Spannfeldes an einem etwa 60 cm hinter dem gespannten Seil liegenden Pfeiler angebracht war.

Die Versuchsseile waren an den Endpunkten an waagerecht liegenden Schäkelisolatoren befestigt; hierbei war der eine Isolator mittels eines Bolzens an einem Gebäude angebracht, während der zweite Isolator an einem Gittermaststumpf verspannt war. Dieser Maststumpf war für einen Spitzenzug von 5000 kg bemessen und entsprechend fundiert sowie zusätzlich verankert, so daß eine Bewegung des Aufhängepunktes während der Versuche nicht festgestellt wurde.

Die Höhe der Aufhängepunkte über Erde betrug etwa 5 m (3,5 m, der Klammerwert gilt für die kleine Spannweite). Die Zusatzlast wurde durch 4 Einzelgewichte dargestellt, welche mittels Bindfäden in einem Abstand von 27,1 + 23,0 + 23,0 + 23,0 + 27,1 m (8,75 + 18 + 18 + 18 + 8,75 m) befestigt wurden. Gegenüber einer gleichmäßig verteilten Last waren Abweichungen beim Durchhang in der Mitte nicht zu erkennen.

Um nun das Abwerfen dieser Zusatzlasten naturgetreu nachahmen zu können, wurden die Bindfänden im gleichen Moment abgeschnitten und die Schnellhöhe an dem obenerwähnten hohen Maßstab von einem gegenüberliegenden Standpunkt, der sich in entsprechender Höhe befand, abgelesen.

Die Versuche wurden zum Teil wiederholt durchgeführt und dabei gleiche Meßergebnisse erzielt. In Fällen, in denen offensichtlich die Zusatzlast ungleichmäßig abgeschnitten war, wurden die Versuche nochmals durchgeführt.

Die Versuchsergebnisse gehen aus den Tafeln 1 und 2 hervor. Die erzielten Schnellhöhen bei 123,2 m Spannweite sind in Bild 14 auch zeichnerisch dargestellt. Hierbei wurde als Abszisse der Wert $\frac{h_s}{\Delta f}$ und als Ordinate der Wert $\frac{g_z}{g_0}$ gewählt. Die nach den Gl. (4) und (5) sich ergebenden Werte sind ebenfalls eingezeichnet.

Tafel 1. Schnellhöhen bei 71,5 m Spannweite für Kupfer-, Aluminium- und Stahl-Aluminiumseile.

Spannweite 71,5 m	Durchhang ohne Zusatzlast cm f_0	Durchhang mit Zusatzlast cm f_z	Schnellhöhe cm h_s	Zusatzlast kg/m g_z	Seilgewicht kg/m g_0	Differenz der Durchhänge mit und ohne Zusatzlast cm Δf	$\frac{h}{\Delta f}$	$\frac{g_z}{g_0}$
1. Stahl—Alu 16 mm² . .	101	189	324	0,525	0,063	88	3,68	8,33
2. ,, 16 ,, . .	129	244	424	1,050	0,063	115	3,69	16,66
3. ,, 25 ,, . .	50	140	230	0,525	0,098	90	2,56	5,36
4. ,, 25 ,, . .	50	180	350	1,050	0,098	130	2,70	10,72
5. ,, 35 ,, . .	39	131	197	0,700	0,141	93	2,12	4,97
6. ,, 35 ,, . .	39	159	269	1,050	0,141	120	2,24	7,44
7. ,, 50 ,, . .	36	111	171	0,700	0,197	75	2,28	3,55
8. Alu 35 ,, . .	70	150	240	0,545	0,095	80	3,00	5,73
9. ,, 35 ,, . .	90	192	332	0,910	0,095	102	3.26	91,58
10. ,, 50 ,, . .	45	155	300	1,090	0,134	110	2.73	8,13
11. ,, 50 ,, . .	97	194	384	1,635	0,134	97	3,96	12,21
12. ,, 70 ,, . .	110	150	90	0,545	0,184	40	2,25	2,96
13. ,, 70 ,, . .	50	150	240	1,090	0,184	100	2,40	5,92
14. ,, 70 ,, . .	110	200	325	1,820	0,184	90	3,61	9.88
15. Cu 25 ,, . .	50	124	144	0,545	0,222	74	1,95	2,45
16. ,, 25 ,, . .	65	182	327	1,455	0,222	117	2,79	6,55

Tafel 2. Schnellhöhen bei 123,2 m Spannweite für Kupfer-, Aluminium- und Stahl-Aluminiumseile.

Spannweite 123,2 m	Durchhang ohne Zusatzlast cm f_0	Durchhang mit Zusatzlast cm f_z	Schnellhöhe cm h_s	Zusatzlast kg/m g_z	Seilgewicht kg/m g_0	Differenz der Durchhänge mit und ohne Zusatzlast cm Δf	$\frac{h}{\Delta f}$	$\frac{g_z}{g_0}$
1. Stahl—Alu 25 mm² . .	— 170	— 345	535	0,568	0,098	175	3,05	5,80
2. ,, ,, 25 ,, . .	— 170	— 330	505	0,454	0,098	160	3,15	4,63
3. ,, ,, 25 ,, . .	— 170	— 275	275	0,227	0,098	105	2,62	2,32
4. ,, ,, 35 ,, . .	— 140	— 320	540	0,681	0,141	180	3,00	4,83
5. ,, ,, 35 ,, . .	— 140	— 300	480	0,568	0,141	160	3,00	4,03
6. ,, ,, 35 ,, . .	— 140	— 255	335	0,340	0,141	115	2,91	2,41
7. Rein—Alu 50 ,, . .	— 175	— 360	600	0,794	0,134	185	3,25	5,93
8. ,, 50 ,, . .	— 175	— 330	460	0,568	0,134	155	2,97	4,24
9. ,, 50 ,, . .	— 180	— 295	285	0,340	0,134	115	2,48	2,54
10. ,, 70 ,, . .	— 155	— 330	555	0,908	0,184	175	3,17	4,93
11. ,, 70 ,, . .	— 155	— 300	440	0,681	0,184	145	3,03	3,70
12. ,, 70 ,, . .	— 155	— 255	265	0,340	0,184	100	2,65	1,85
13. ,, 95 ,, . .	— 180	— 325	455	0,908	0,259	145	3,14	3,51
14. ,, 95 ,, . .	— 180	— 305	335	0,681	0,259	125	2,68	2,63
15. ,, 95 ,, . .	— 180	— 260	190	0,340	0,259	80	2,37	1,32
16. Kupfer 25 ,, . .	— 140	— 310	500	0,681	0,222	170	2,95	3,07
17. ,, 25 ,, . .	— 140	— 275	385	0,454	0,222	135	2,85	2,04
18. ,, 25 ,, . .	— 140	— 220	250	0,227	0,222	80	3,12	1,02
19. ,, 35 ,, . .	— 150	— 310	410	0,794	0,312	160	2,57	2,54
20. ,, 35 ,, . .	— 150	— 230	330	0,568	0,312	120	2,75	1,82
21. ,, 35 ,, . .	— 150	— 230	180	0,340	0,312	80	2,25	1,09

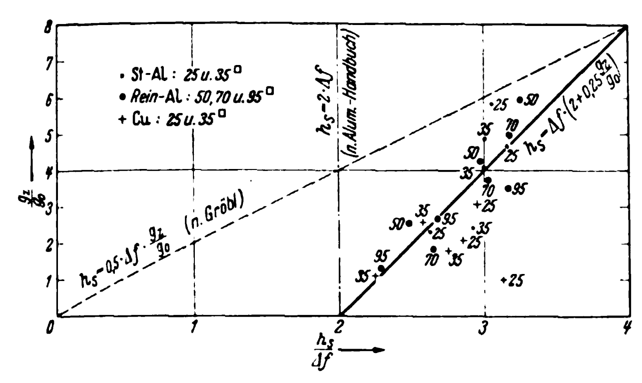


Bild 14. Schnellhöhen für verschiedene Kupfer-, Aluminium- und Stahl-Aluminiumseile bei einer Spannweite von 123,2 m.

Der beträchtliche Unterschied zwischen diesen Formeln und den Versuchsergebnissen ist offensichtlich. Die Schnellhöhen — wie sie bei den Versuchen ermittelt wurden — sind bei gleicher Zusatzlast in weitem Bereich wesentlich größer, als die Gl. (4) und (5) vermuten lassen.

Die Versuchsergebnisse bei 123,2 m lassen sich durch die Formel

$$h_s = \Delta f \left(2 + 0{,}25 \frac{g_z}{g_0}\right) \qquad (6)$$

wiedergeben. Bei der Spannweite von 71,5 m werden die Versuchsergebnisse am besten durch den Ausdruck

$$h_s = \Delta f \left(1{,}1 + 0{,}25 \frac{g_z}{g_0}\right) \qquad (7)$$

erfaßt.

Um eine allgemeine Formel zu erhalten, die auch den Abstand berücksichtigt, wäre es erforderlich, noch weitere Versuche bei größeren Spannfeldern vorzunehmen. Die vorgenannten beiden Versuche deuten darauf hin, daß die Schnellhöhen sich durch folgenden allgemeinen Ausdruck ermitteln lassen:

$$h_s = \Delta f \left(\frac{a}{60} + 0{,}25 \frac{g_z}{g_0}\right). \qquad (8)$$

In dieser Formel ist a die Spannweite in m.

Werden die Versuchsergebnisse auf die Seilspannung mit Zusatzlast (p_1) und auf diejenige ohne Zusatzlast (p_0) bezogen und werden die Versuchswerte mit dem Wert p_1/p_0 als Ordinate und dem Wert $\frac{h_s}{\Delta f}$ als Abszisse aufgetragen, dann können die Ergebnisse ebenfalls in einfacher Form durch eine Gerade dargestellt werden, die sich bei beiden Spannfeldern durch nachstehenden Ausdruck wiedergeben läßt:

$$h_s = \Delta f \left(1{,}65 + 0{,}40 \frac{p_1}{p_0}\right). \qquad (9)$$

Setzt man hierbei

$$p_1 = \frac{a^2 g_1}{8 q f_z} \text{ und } p_0 = \frac{a^2 g_0}{8 q f_0},$$

wobei g_1 das Gesamtseilgewicht, also gleich $g_0 + g_z$ ist, so kann auch die Formel in folgender Weise geschrieben werden

$$h_s = \Delta f \left(1{,}65 + 0{,}40 \frac{g_1 f_0}{g_0 f_z}\right). \qquad (10)$$

Die Versuche zeigten, daß ein Niederspannungsweitspannsystem mit senkrecht untereinander liegenden Phasen sehr große senkrechte Phasenabstände bedingt. Es wurde davon Abstand genommen, diese Anordnung weiter zu verfolgen, und es wurde die horizontale Anordnung der Leiterseile als vorteilhafter gewählt.

Zusammenfassung

Auch in der Holzmastbauweise lassen sich durch gute Planung und sorgsame Bausausführung Ortsnetze errichten, welche den Forderungen nach einem schönen Ortsbild gerecht werden. Es wird gezeigt, daß für weitläufig gebaute Siedlungen die Holzmastbauweise die wirtschaftlichste ist. Die Anwendung der Zugisolatoren Z 80 als Ersatz der Isolatoren N 80 und N 95 für Hausanschlüsse und der Zugisolatoren Z 95 an Stelle von Schäkelisolatoren Sch 115 bei Endabspannungen bringt große technische und wirtschaftliche Vorteile, verbessert das Aussehen der Ortsnetze und spart gleichzeitig Eisen. Auf den Ersatz von Eisenmasten durch verschiedene Holzmastkonstruktionen wird hingewiesen. Eine neuartige Weitspannbauweise für Niederspannungsleitungen wird ausführlich beschrieben. Die neue Bauweise bewirkt eine merkliche Senkung der Errichtungskosten für Niederspannungsleitungen und weiterhin durch Einsparung von fast 50 % der Masten eine wesentliche Senkung der Unterhaltungskosten. Dadurch wird der Anschluß weitab befindlicher Stromabnehmer eher ermöglicht. Weiter wird eine einfache Formel für Masteingrabtiefen abgeleitet, und es wird eingehend über die Ergebnisse von Seilschnellversuchen berichtet, die von der bisherigen Auffassung abweichende Ergebnisse zeigen. Eine Formel zur Errechnung der Schnellhöhen wird wiedergegeben.

Ortsnetzbau mit Dachständern

Von **Fritz Hering VDE**, Ludwigshafen a. Rh.

DK 621.315.17 : 621.315.654

Übersicht. Im folgenden wird über den Ausbau von Ortsnetzen unter besonderer Berücksichtigung der Dachständerbauweise und über die hierbei zu beachtenden betriebstechnischen und ästhetischen Gesichtspunkte berichtet.

Nach Beendigung des jetzigen Krieges ist neben dem allgemeinen starken Wiederanstieg des gesamten Wirtschaftslebens auch eine gewaltige Aufwärtsentwicklung der Elektrowirtschaft zu erwarten. Die Industrie wird einen großen Strombedarf haben, aber auch das Handwerk, die Landwirtschaft und die Haushaltungen werden mehr als bisher ihren Stromverbrauch steigern. Die Industrie, soweit sie an das Landesnetz angeschlossen ist, wird über eigene Transformatorenstationen beliefert, während Handwerk, Landwirtschaft und Haushaltungen über Ortsnetzanlagen versorgt werden.

Frühere Ortsnetzbauweisen

Die Ende des vorigen oder anfangs dieses Jahrhunderts errichteten Ortznetze können hinsichtlich ihrer Bauart nach heutigen Begriffen nur als behelfsmäßig bezeichnet werden; mit besonders großem Geschick in der Planung ist man dabei nicht immer vorgegangen. Die Leitungen sind fast durchweg zu schwach bemessen, und selten ist ein einheitliches System im Aufbau festzustellen. Meistens wurden die Straßenzüge einseitig ausgebaut, Holzmaste verkehrsstörend auf Bürgersteigen aufgestellt, verschnörkelte, schmiedeeiserne Konsole verunzierten die Häuserfassaden, die Leitungen führten im Zickzack über die Straßen und hingen wie Wäscheleinen umher. Kurz gesagt, die Straßen und Plätze von manchem schönen, alten malerischen Ort wurden verunziert und verschandelt (Bild 1).



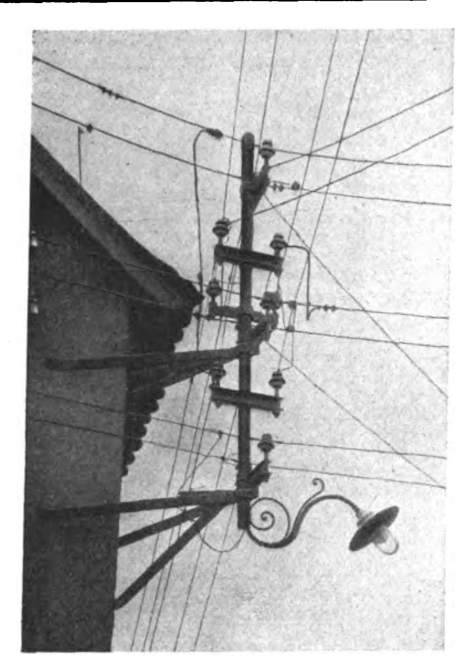


Bild 1. Verschandelung des Straßenbildes durch unzweckmäßige Anordnung der Leitungsführung.

Erst vor rund 30 Jahren konnte man eine Wandlung im Ortsnetzbau feststellen. Die vielseitigen Verwendungsmöglichkeiten der elektrischen Energie auf dem Flachlande führten zur Gründung von Elektrizitätsversorgungsunternehmungen. Da die Ausgaben für die Errichtung der Ortsnetzanlagen in der Regel einen hohen Prozentsatz der Gesamtkosten eines Stromversorgungsunternehmens darstellen, die Elektrizität aber dem Abnehmer billig und betriebssicher geliefert werden mußte, erhob sich naturgemäß die Forderung, Ortsnetze nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten zu bauen, was deshalb zu Normalkonstruktionen führte. Leider ist man damals vielfach in den Fehler verfallen, daß die einzelnen Elektrizitätsversorgungsunternehmen mit ihren Baufirmen besondere eigene Normalien aufstellten.

Durch Schaffung von Normen auf dem Gebiet des Ortsnetzbaues können wesentliche Einsparungen, die durch die Einheitlichkeit gegeben sind, erzielt werden; gleichzeitig wird das Bestreben unterstützt, mit möglichst geringem Aufwand an Werkstoff und Arbeit den Aufbau der Netze einheitlicher und wirtschaftlicher zu gestalten. Für die Durchführung der Normungsarbeiten liegen Erfahrungen in reichlichem Maße vor. An Stelle der Vielzahl der bisherigen Einzelherstellungen der Ortsnetzteile kann nach erfolgter Normung eine Massenherstellung mit geringeren Gestehungskosten treten, und es wird dann möglich sein, im ganzen Reich nach einheitlichen Grundsätzen Ortsnetze zu errichten.

Das Dachständernetz

Die Ortsnetze in Gemeinden und kleineren Städten können nach folgenden Arten errichtet werden:

a) als Kabelnetze,
b) als Dachständernetze mit Holzmasten, soweit erforderlich, und
c) als reine Holzmastnetze.

Das Kabelnetz, das zweifellos die betriebssicherste, für ländliche Gebiete jedoch teuerste Ausführung darstellt, kommt aus Gründen der Wirtschaftlichkeit nicht in Betracht und scheidet auch im Hinblick auf den Vierjahresplan z. Z. von einer weiteren Betrachtung aus.

Beim Dachständernetz führen sämtliche Leitungen über Dächer, ebenso gehen die Einführungen größtenteils durch die Dächer. Der möglichst unauffälligen Leitungsführung fällt dabei eine wichtige Rolle zu. Beim Holzmastnetz werden die Maste entweder auf die Bürgersteige, in Vorgärten oder hinter die Häuser gestellt und die Anwesen in der Regel durch Giebel- oder Traufenanschlüsse angeschlossen.

Planung des Netzes

Worauf ist nun beim Bau einer elektrischen Verteilungsanlage in einer Gemeinde, bei Erweiterung größerer Straßenzüge und bei der Neuerstellung von Siedlungen zu achten, wenn das Netz als Dachständernetz ausgeführt werden soll? Zunächst muß in allen Fällen nach Möglichkeit die Transformatorenstation in den Belastungsschwerpunkt des Netzes gelegt werden, dabei ist auf gute Anfuhr und bequeme Zugänglichkeit zu achten.

Der Bauleiter, der die Ortsnetzanlage errichtet, muß durch Ausfluchten eine möglichst geradlinige Leitungsführung erstreben. Auf alten Häusern mit schlechtem Dachstuhl sind Stützpunkte zu vermeiden.

Bei Neuplanungen nimmt man von vornherein Rücksicht auf die Wasserversorgung und Kanalisation, leider tut man dies in bezug auf die Elektrisierung nicht. Mit viel weniger Arbeit und geringen Kosten könnte man vieles einfacher gestalten, wenn bei der Planung gleich die Leitungsführung, die Hausanschluß- und Zählerplätze berücksichtigt würden.

Wie eingangs bereits kurz erwähnt, kann die Stromversorgung in Gemeinden mit ländlichem Charakter und in Siedlungen wirtschaftlich nur mit Freileitungen durchgeführt werden. Hier gilt es in erster Linie, den Kampf gegen die Verschandelung der Orts- und Landschaftsbilder aufzunehmen. Der Möglichkeit unauffälliger Leitungsverlegung fällt damit eine wichtige Rolle zu, doch dürfen dabei nicht die anderen wichtigen, an ein Freileitungsortsnetz zu stellenden Anforderungen auch nur in der geringsten Weise vernachlässigt werden. Die stets ausreichende Lieferung elektrischer Energie muß gesichert sein, ebenso der störungsfreie Betrieb. Geringe Netzunterhaltungskosten bei großer elektrischer und mechanischer Festigkeit sind anzustreben, Netzerweiterungen und Leistungssteigerung müssen leicht durchführbar und die Gewähr einer langen Betriebsfähigkeit und damit großer Wirtschaftlichkeit des Netzes muß gesichert sein.

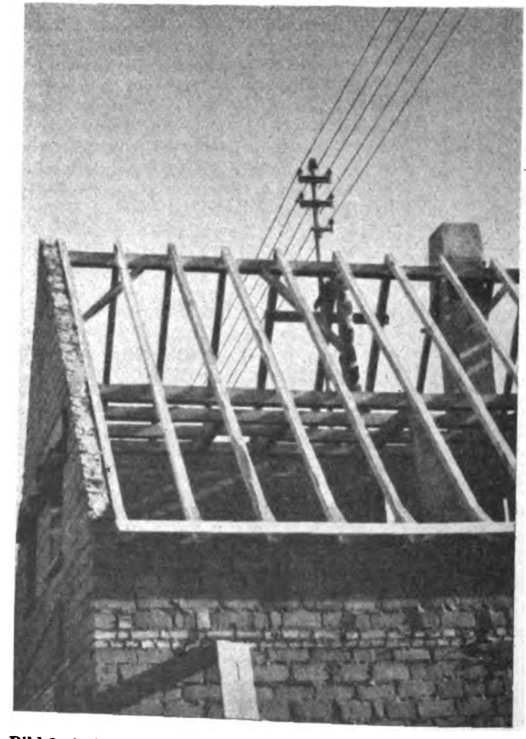


Bild 2. Aufstellung des Dachständers vor der Dacheindeckung.

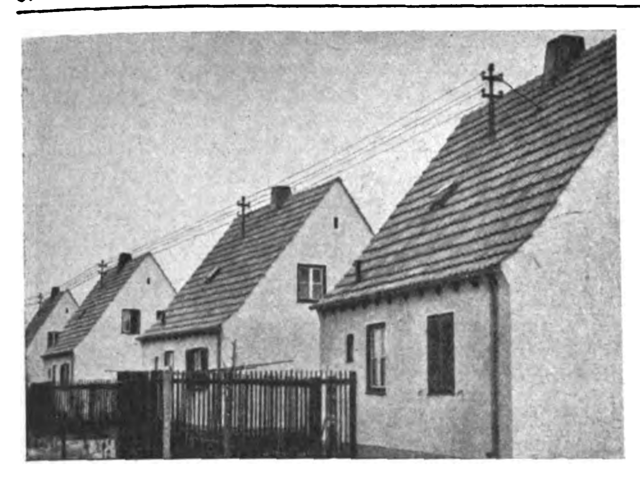


Bild 3. Verlegung der Freileitung auf der hinteren Dachfläche; der Dachständer ist wenig oder gar nicht von der Straße aus sichtbar.

Diesen Anforderungen kann die Dachständer-Bauweise Rechnung tragen. Mit dieser Verlegungsart kommt man auch dem Architekten weitgehend entgegen. Von dem Band der Leitungsführung, welches sich über das Ortsnetz oder die Siedlung legt, vermag sich der Architekt selbst ein Bild zu machen. Es können beispielsweise die Standorte der Stützpunkte bei der Planung bereits festgelegt werden und somit die Anbringung entsprechender Konstruktionsteile schon beim Bau der Häuser Berücksichtigung finden. Damit ist zwangläufig auch die Hauseinführung bestimmt, ebenso die Hausanschlußsicherung und der Zählerplatz. Es läßt sich daher auch für diesen schon in der Planung und beim Bau der Häuser die Unterbringung in einer gesicherten, vorteilhaften und bequemen Anordnung vorsehen. Damit sind Erleichterungen geschaffen, mit denen eine Reihe nachträglicher Arbeiten fortfällt. Alles übrige kann der Architekt in bezug auf die Freileitung dem Ortsnetz-Bauleiter überlassen, der nun dem Wunsch nach einer schönen Leitungsführung des Netzes nachzukommen hat.

Montage der Dachständer

Auch dem Ortsnetz-Bauleiter wird die Aufgabe mit der Dachständerbauweise leicht gemacht. Verschiedene Elektrizitätsversorgungsunternehmungen sind, wie anzunehmen ist, anderer Ansicht. Es ist daher angebracht, näher auf Einzelheiten einzugehen.

Wenn die Leitungsführung in Netzen und Siedlungen in enger Verbindung mit dem Architekten geregelt ist, werden die Dachständer als Stützpunkte für das Leitungsseil aufgestellt. Diese Arbeit kann schon vorgenommen werden, bevor das Dach eingedeckt ist (Bild 2). Sie erfährt damit eine wesentliche Vereinfachung und Erleichterung durch die schon in der Planung festgelegten und vorbereiteten Stellen, weil gegebenenfalls das Bauholz für den Dachständer bei Aufstellung des Dachgebälks mit eingezogen werden kann. Dem Zimmermann genügt schon eine einfache Skizze, wobei wiederum Wert darauf zu legen ist, eine möglichst konstruktiv einheitliche Art für das einzubauende Bauholz vorzusehen, d. h. also für alle Dachständer ein und dieselbe Ausführung anzuwenden. Die mit der Stellung des Dachständers auf das Rohr gezogene Abdichtung wird mit der Eindeckung des Daches vom Dachdecker handwerksmäßig eingesetzt. Soweit Anker erforderlich sind, ist für deren Anbringung der Arbeitsvorgang der gleiche.

Die saubere und meistermäßige Ausführung der Arbeiten nicht nur hier, sondern überhaupt für das Netz im Freien ist stark abhängig von dem Monteur und seinem Verantwortlichkeitsgefühl. Diese Abhängigkeit sucht man einzuschränken durch entsprechende Schulung und Kontrolle; sie wird aber auch dadurch erreicht, daß man die erforderlichen Arbeiten weitmöglichst in die Werkstätte oder in das Baulager verlegt. Hier können und werden auch die Arbeiten sorgfältiger ausgeführt als auf den Dächern, wo die Leute oft ungünstiger Witterung ausgesetzt sind. Es wird ohne weiteres einleuchten, daß damit die Montagezeit günstig beeinflußt wird. Sind die Dachständer aufgestellt, die Traversen montiert, die Ankerseile angebracht, so steht auch schon das ganze Gerippe des zukünftigen Ortznetzes, worauf die Verlegung der Leitungsseile vorgenommen werden kann.

Aus dieser kurzen Darstellung ergibt sich die für die Planung des elektrischen Ortsnetzes sehr wichtige Aufteilung, einmal der Leitungsträger und seine Armierung einschließlich der Hausanschlüsse und zum anderen das Leitungsseil mit den zugehörigen Armaturen. Je zweckmäßiger und einheitlicher die verwendeten Bauteile ausgerichtet sind, desto größer sind die Ersparnisse an Zeit für die Montage.

Erste grundlegende Bedingung ist daher die Verwendung besten Materials, womit gleichzeitig der berechtigten Forderung der Abnehmer entsprochen wird, möglichst wenige Abschaltungen vorzunehmen. Ferner müssen viele Leitungstrennstellen geschaffen werden, um bei Bränden, Umbauten und Neuanschlüssen nur verhältnismäßig kleine Teile des Netzes außer Spannung zu setzen. Damit wird Vorsorge getroffen, daß auf lange Jahre hinaus kein Monteur auf dem Dach des Hauses etwas zu tun hat. Für die Dachständerrohre sollen entsprechend dem Normenentwurf nur nahtlos gezogene Siederohre mit Rohrdurchmessern von 2¼ ", 3 " und 3½ " verwendet werden, die für alle Fälle ausreichen. Deshalb wird es in Zukunft nur noch Rohrschellen, Porzellaneinführungen, Dachständermanschetten usw. für obige Abmessungen geben, was u. a. besonders die Lagerhaltung und die Montage vereinfacht. Für das Elektrizitätsversorgungsunternehmen wird die Unterhaltung der Netze billiger.

Bezüglich des Eisenschutzes kommt für Dachständer, Traversen, Stützen, Schrauben, Muttern, Unterlagscheiben usw. nach jahrzehntelangen Erfahrungen in erster Linie die Feuerverzinkung in Betracht, die sich bis jetzt gut bewährt hat.

Die Dachständerrohre können kurz gehalten werden; es genügt, wenn die unterste Leitung bei Giebelfronten mit etwa 40 cm den Dachfirst kreuzt bzw. wenn sie



Bild 4. Straßenfront einer Siedlung, die mittels Freileitung auf Dachständern angeschlossen ist.

von der Dachhaut einen Abstand von 60 cm erhält. Hier wird vielfach der § 22 b von VDE 0100 falsch ausgelegt, und die Folge ist eine unnütz hohe Dachständerlänge. Der letzte Absatz der Regel 2 von § 22 in VDE 0100 ist so zu verstehen, daß von schwach geneigten begehbaren Dächern die Leitungen in senkrechter Richtung nach oben einen Mindestabstand von 2,50 m haben sollen. Der in dem gleichen Absatz weiter genannte Abstand von 1,25 m von Gebäuden ist seitwärts und nach unten gemeint. Diese Feststellungen haben den Sinn, daß die Leitungen bei den von Menschen regelmäßig betretenen Stätten außerhalb des Handbereiches liegen sollen. Schräge Ziegeldächer fallen allgemein nicht unter den Begriff „schwach geneigte begehbare Dächer". Ein senkrechter Abstand nach oben von 1,25 m würde auch bei schwach geneigten begehbaren Dächern nicht genügen. Das Anbringen eines Warnungsschildes an Dachständern auf nicht begehbaren Dächern, was man häufig in Ortsnetzen sieht, ist überflüssig. Warnungsschilder sind anzubringen an von Menschen regelmäßig betretenen Stätten oder an ihren Zugängen, wenn diese nur durch besondere Hilfsmittel, wie einen Stuhl und dgl., zugänglich sind.

Der Dachständer ist, von der Straße aus gesehen, nach hinten und möglichst in der Mitte der Dachhaut aufzustellen, jedoch so, daß der Einführungskopf oder die Schutzhaube von der Straße aus nicht eingesehen werden kann oder nicht ins Auge fällt (Bild 3). Das Aufstellen der Ständer auf dem Dachfirst ist unter allen Umständen zu vermeiden. Bei Häusern mit Traufenfront gegen die Straße wird der Dachständer auf der rückwärtigen Traufenfront und möglichst in der Mitte aufgestellt. Es ist auch hier darauf zu achten, daß der Dachständer von der Straße aus nicht gesehen werden kann. Als Leitungsabstand vom Dach dürften hier etwa 60 cm je nach Dachschräge genügen. Der Nulleiter ist gegen die Phasenleiter entsprechend dem Normenentwurf gekennzeichnet; es ist außerdem zu empfehlen, ihn oben, der Straße zugekehrt, zu verlegen. Für alle keramischen Teile des Ortsnetzes ist braune Glasur vorgesehen, womit die Leitung als Starkstromleitung gekennzeichnet ist und außerdem unauffällig bleibt.

Wenn beim Ortsnetzbau nach meinen Ausführungen verfahren wird, und die Leitungsträger so angeordnet und armiert werden, wie ich es hier skizziert habe, dann wird das Straßen- und Landschaftsbild nicht betroffen (Bild 4). Der Ortsnetzbau ist ein Zweckbau, und jeder Zweckbau kann nicht beanstandet werden, wenn der Bau zweckentsprechend angelegt ist.

Für die Straßenbeleuchtung sind an verkehrsreichen Kreuzungspunkten herablaßbare Leuchten in möglichst vollständig verzinkter[1]) Ausführung anzubringen. Im übrigen tun auch architektonisch einwandfreie Wandarme gute Dienste. Will man einer Siedlung eine schöne Straßenbeleuchtung geben, so stellt man eiserne oder Betonkandelaber in den Vorgärten auf, die durch Ausleger den Fußgängerweg und Fahrdamm beleuchten.

Solchen Ortznetzen, die auf Grund der Normung und unter Beachtung des Vorgesagten errichtet werden, wird man bei einer gerechten Beurteilung der Ausführung zuerkennen müssen, daß man neben der Erfüllung aller Anforderungen für einen sicheren Betrieb dem Wunsche „Macht Deutschland schöner" auch hier einen beachtlichen Schritt nähergekommen ist.

Zusammenfassung

Nach einem Überblick über die geschichtliche Entwicklung von Ortsnetzen in Holzmast- und Dachständerbauweise wird die zweckmäßige Montage von Dachständern zur Erzielung betriebstechnisch und ästhetisch befriedigender Anlagen behandelt, wobei auf die erforderliche enge Zusammenarbeit mit dem Architekten hingewiesen wird. Im Anschluß an einen Hinweis auf den Wert der Normung von Dachständerbauteilen wird dargelegt, daß die einschlägigen VDE-Bestimmungen einer ästhetisch einwandfreien Anordnung und Bemessung der Dachständer nicht entgegenstehen.

[1]) Soweit Verzinkung mit den Anordnungen der Reichsstelle für Metalle vereinbar ist.

Mittel zur Leitungsverlegung in Niederspannungs-Ortsnetzen

Von J. Nefzger VDE, Radebeul

DK 621.315.17

Übersicht. Freileitungs-Ortsnetze bestehen im wesentlichen aus zwei Bauteilen, nämlich den Leitungsträgern und den Leitern. Unter Leitungsträgern werden alle jene Bauelemente verstanden, welche zum Stützen und Abspannen der Leiter benötigt werden, d. s. Isolatoren, Querträger, Maste, Dachständer oder dergleichen. In den nachfolgenden Ausführungen werden nur jene Zubehörteile besprochen, die mit der Verlegung der Leiter selbst in Zusammenhang stehen.

Die Leitungsträger

Als Isolatoren finden hauptsächlich Stützenisolatoren N 80 und N 95 Verwendung, für welche ein Normenvorschlag vorliegt. Für Abspannungen bieten die ebenfalls zur Normung vorgesehenen Zugisolatoren Z 80 und Z 95 erhöhte mechanische Sicherheit. Die in manchen Anlagen eingeführten Schäkelisolatoren, meist in zweirilliger Ausführung benutzt, können in gleicher Weise zur Aufhängung sowie zur Abspannung eingebaut werden. Zur Normung sind die Größen S 80 und S 115 vorgeschlagen.

Die Stützenisolatoren werden entweder direkt am Mast oder auf Querträgern angeordnet. Die am Mast zu befestigenden Querträger bestehen meist aus U-Profil. Es sind Bestrebungen im Gange, ihre Abmessungen zu normen, um eine einheitliche Ausführung zu gewährleisten. Schwieriger ist die Ausbildung der Querträger an Verteilungsmasten, bei welchen sich eine einheitliche Bauweise noch nicht durchgesetzt hat.

Auf die Ausführung der Maste und Dachständer wird an anderer Stelle[1]) dieses Heftes näher eingegangen. Über Einzelheiten zu den Normblattentwürfen für Bauteile von Dachständern wird auf Seite 112 und 113 berichtet.

Erdanker zur Versteifung der Maste sind, wenn irgend angängig, zu vermeiden (VDE 0100, § 22 h). Kann von ihrer Verwendung nicht abgesehen werden, so sind sie über Reichhöhe mit Abspannisolatoren für die volle Betriebsspannung zu versehen und sollen nicht direkt am Eisen der Querträger oder Stützen angreifen, sondern am Holz des Mastes in möglichster Entfernung von den Eisenteilen. (In Freileitungen über 1 kV sind Mastanker nicht zulässig.)

Für Mastanker sollen gemäß dem neuen Normenvorschlag feuerverzinkte, neunzehndrähtige Stahlseile mit

[1]) Siehe S. 114 und S. 121.



einem Nennquerschnitt von 50 und 70 mm² und einer Zugfestigkeit von 40 kg/mm² nach DIN Berg 1253 verwendet werden. Zur Isolation sieht der neue Normvorschlag sogenannte Abspanneier vor. Werden Maste oder Dachständer an Gebäudeteilen verankert, so ist Isolation nicht erforderlich.

Die Ankerseile werden an den Masten und Dachständern meist mittels schellenförmiger Laschen befestigt. Zum Zusammenbau der Anker sind noch herzförmige Kauschen, Spannschlösser und Verbinder zum Schließen der Schlaufen erforderlich. Für den letztgenannten Zweck werden meist Ankerseilklemmen verwendet, vielfach auch die bekannten Backenzahnklemmen oder Kerb-, Niet- und Schraubenverbinder aus verzinktem Stahl.

Die Vor- und Nachteile der verschiedenen Bauweisen von Niederspannungs-Ortsnetzfreileitungen werden an anderer Stelle dieses Heftes ausführlich erörtert[2]). Je nach den örtlichen Verhältnissen wird der Dachständerbauweise oder der Verlegung auf Masten der Vorzug gegeben. Vielfach haben die Elektrizitätsversorgungsunternehmungen eigene Anordnungen entwickelt, welche in Bauvorschriften niedergelegt sind. Sicherlich läßt sich in der Bauweise der Ortsnetze noch vieles vereinfachen und vereinheitlichen. In der Durchbildung der Dachständerbauweise wurden bereits bemerkenswerte Fortschritte erzielt, und es ist zu erwarten, daß die Normungsbestrebungen auch bezüglich der übrigen Bauweisen von Erfolg sind.

Die Leiter

In den Niederspannungs-Ortsnetzfreileitungen werden bisher Leiter aus allen üblichen Baustoffen verwendet, d. h. hartgezogenes Kupfer, Reinaluminium, Aldrey, Stahlaluminium 1 : 6 und verzinkter Stahl[2a]). Entsprechend den VDE-Vorschriften sind eindrähtige Leiter aus Aluminium oder dessen Legierungen nicht zulässig; eindrähtige Leitungen aus Kupfer dürfen nur in einem Querschnitt bis 16 mm² bei Spannweiten bis 80 m verwendet werden. Leitungen aus Stahl müssen feuerverzinkt sein. Der zulässige Mindestquerschnitt der Leitungen beträgt für

Kupfer	10 mm²
Aluminium	25 mm².

Bei Leitungen aus anderen Werkstoffen muß der Querschnitt mindestens so groß sein, daß die Nennlast (Last, die beim Prüfen mindestens 1 min wirken soll, ohne zum Bruch zu führen) mindestens 380 kg beträgt. Bei Mastentfernungen bis zu 35 m sind dagegen Kupferleitungen von 6 mm², Leitungen aus Aluminium von 16 mm² und Leitungen aus anderen Werkstoffen mit einer Nennlast von mindestens 228 kg zulässig (VDE 0100, § 22 c).

Die höchstzulässige Zugbeanspruchung beträgt für:

eindrähtige Kupferleitungen . .	12 kg/mm²
Aluminiumseile	8 kg/mm²
Kupferseile	19 kg/mm².

In der Regel wird jedoch mit Rücksicht auf mechanische Schwingungen und das Nachrecken der Leiter eine geringere Zugbeanspruchung gewählt.

Verseilte Leiter aus Kupfer, Aluminium, Aldrey und Stahl werden nach DIN VDE 8201 ausgeführt, Stahl-Aluminium-Leiter nach DIN VDE 8204.

Für die Ortsnetzleitungen sollen gemäß dem neuen Normenvorschlag nur Reinaluminiumseile in den Querschnitten von 25 bis 95 mm² unter Bevorzugung der Querschnitte 50, 70 und 95 mm² eingebaut werden. Die Querschnitte von 25 und 35 mm² sollen für Hausanschlüsse vorbehalten bleiben. Eine Beschränkung der Querschnitte auf wenige ermöglicht eine wesentliche Vereinfachung der Bauteile und der Lagerhaltung.

Die Durchhänge der Leiter wurden bisher meist nach Tabellen auf Grund der zulässigen Höchstzugspannungen bemessen. Neuerdings wird vorgeschlagen, jenen Durchhang, welcher sich für den kleinsten verlegten Querschnitt unter Berücksichtigung der Höchstzugspannung ergibt, auch den Leitern größerer Querschnitte zuzuordnen. Die größeren Querschnitte erhalten deshalb geringere Zugbeanspruchung. Diese Verlegungsart wirkt sich vorteilhaft für den Bau sowie für die Bemessung und Vereinheitlichung der Bauteile selbst aus. Der neue Vorschlag kommt den Wünschen der Elektrizitätsversorgungsunternehmen entgegen und wird sich deshalb bald einführen[3]).

Während in Ortsnetzen mit Kupferleitungen der Nullleiter in der Regel einen kleineren Querschnitt als die Hauptstromleiter erhielt, ist es in Netzen mit Aluminiumleitern üblich geworden, den Nulleiter mit gleichem Querschnitt auszuführen, wozu die Verwendung der besonders gekennzeichneten Nulleiterisolatoren die Möglichkeit bietet.

Die Befestigung der Leiter an den Tragpunkten geschieht mittels Bunden. Bei Kupferleitungen konnte die Befestigung sowohl in der Kopfals auch in der Halsrille der Stützenisolatoren durch einfache Drahtbunde vorgenommen werden. Aluminiumleiter sind wegen ihrer geringeren Oberflächenhärte gegen Scheuern empfindlicher und wegen ihres geringen Gewichtes Schwingungen in größerem Umfange ausgesetzt, weshalb eine zuverlässigere Befestigung am Isolator erforderlich ist. Die Anordnung in der Kopfrille scheidet deshalb für Aluminiumleiter aus. Die Halsbunde können in verschiedener Weise ausgeführt werden. Die einfachste Art stellen Bunde dar, welche unter Verwendung von Bindedraht hergestellt werden. Als Bindedraht empfiehlt sich weiches Reinaluminium von etwa 3 mm Durchmesser. Drahtbunde werden für Leitungen kleinerer Querschnitte bevorzugt. Für größere Leiterquerschnitte sind Bügelbunde üblich, welche auf verschiedene Weise ausgeführt werden können. Die Bügel bestehen entweder aus einem passend geformten Seilstück der gleichen Art wie der Leiter oder aus einem Rund- oder Profilstab aus Aluminium oder verzinktem Stahl. Die Bügel werden am Leiter durch Bindedraht befestigt, wobei darauf zu achten ist, daß der Leiter auf Anzug sitzt, um Anscheuerungen zu vermeiden. Die Bügel werden zweckmäßigerweise schon vorgeformt auf die Baustelle gebracht, um an Einbauzeit zu sparen. Von der Industrie werden sogenannte „Klemmbügel" angeboten, welche leicht und in kurzer Zeit einzubauen sind. Bild 1 zeigt einige bewährte Formen von Tragbunden für Aluminiumleiter[4]).

Bei Draht- und Bügelbunden ist es zu empfehlen, den Leiter vor Anlegen des Bundes mit einer Bewicklung aus weichem Aluminiumband mit gebrochenen Kanten zu versehen[5]). Einfetten des Leiters vor Anlegen des Bundes erschwert die Anfertigung der Bunde und verringert die Widerstandskraft gegen Durchziehen der Leiter. Man verzichtet deshalb meist auf das vorherige Einfetten, wenn die Leiter, wie heute meist üblich, schon von der Herstellung her gefettet sind. Dagegen ist es zweckmäßig, den Bund nach Fertigstellung noch einzufetten.

Die Auswahl der geeignetsten Bunde hat nach den zu erwartenden Beanspruchungen durch Schwingungen, Winddruck und Eislast zu geschehen. Eine Verschiebung der Leiter an den Tragpunkten und die Möglichkeit des Scheuerns am Isolator sind unbedingt zu vermeiden. Bei Winkelmasten ist die Leitung so zu legen, daß der Bund nicht auf Zug beansprucht wird (VDE 0100, § 22 c). Lose oder mangelhaft ausgeführte Bunde können durch Ent-

[2]) S. Fußnote 1.

[2a]) Bei den folgenden Ausführungen ist zu beachten, daß durch die Anordnung 32a der Reichsstelle für Metalle die Verwendung von Kupfer für Freileitungen verboten worden ist.

[3]) Ein Beispiel für eine „Einheits-Durchhangstabelle" findet sich in „Aluminium-Freileitungen" 5. Auflage S. 220. Verlag: Aluminium-Zentrale Berlin.

[4]) Anleitungen zur Herstellung von Draht- und Bügelbunden finden sich in „Aluminium-Freileitungen" 5. Auflage, S. 91 ff. Verlag: Aluminiumzentrale Berlin.

[5]) A. Bürklin, ETZ 57 (1936) S. 1384.

ladungserscheinungen zu unangenehmen Funkempfangsstörungen Anlaß geben[6]).

Über die Schwingungsfestigkeit von Drahtbunden liegen Untersuchungen vor[7]).

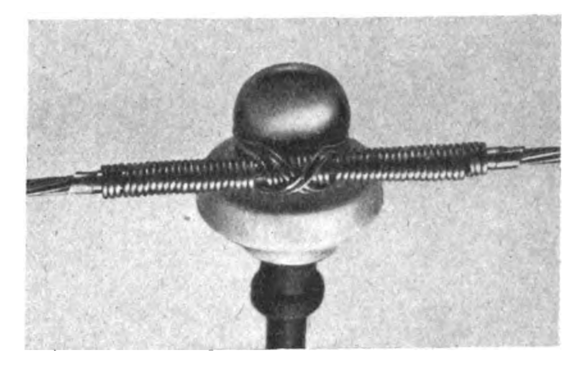


Bild 1a. Kreuzbund.

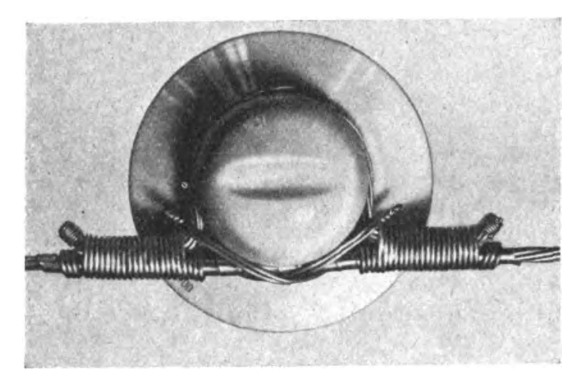


Bild 1b. Bügelbund.

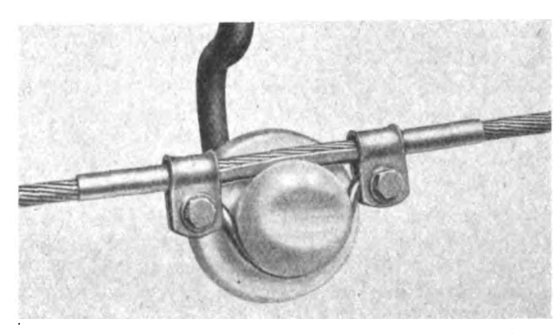


Bild 1c. Klemmbund.

Bild 1a bis c. Einige bewährte Tragbunde für Aluminiumleitungen.

An Tragpunkten mit erhöhter Sicherheit werden Beiseile in Form von Sicherheitsbügeln oder Doppelaufhängungen angebracht, um im Falle eines Isolatorbruches ein Herabfallen der Leitung zu vermeiden. Wenn an Winkelpunkten die Mittelkraft des Zuges vom Mast abgekehrt ist, so soll die Leitung an zwei Isolatoren derart befestigt werden, daß sie bei Bruch eines Isolators nicht herabfallen kann (VDE 0210, § 33 c 1). Die Verbindungsstelle der Beiseile mit den Hauptleitern ist als zugfeste Verbindung im Sinne von VDE 0100, § 22 d auszuführen.

An den Abspannpunkten ist es üblich, die Leiter in Form einer Schlaufe anzuordnen, gleichgültig, ob die Befestigung an Stützen- oder Schäkel- bzw. an den zur Normung vorgeschlagenen Zugisolatoren geschieht. Derartige Schlußbunde müssen entsprechend VDE 0100, § 22 d so ausgeführt sein, daß sie die Leiter mit mindestens 90 % ihrer Nennlast halten. Zur Verhütung mechanischer Beschädigungen empfiehlt es sich, Aluminiumleiter, sofern sie nicht isoliert sind, im Krümmungsbogen der Schlußbunde mit einer Bewicklung aus weichem Band gleichen Werkstoffes zu versehen. Über das Einfetten der Bunde gilt das gleiche wie oben bei den Tragpunkten Gesagte.

Schlußbunde werden in der Regel mit Hilfe eines geeigneten Verbinders oder einer Klemme geschlossen.

Bei der Auswahl der Verbinder — in Betracht kommen Kerb-, Niet- oder Schraubenverbinder — ist deren Verwendungszweck genau zu beachten. Auskunft hierüber geben die Herstellerlisten. Auf die Möglichkeit elektrolytischer Zerstörungen muß durch geeignete Wahl des Werkstoffes Rücksicht genommen werden. Die Einbauanweisungen der Hersteller müssen befolgt werden, um einwandfreie Verbindungen zu erhalten. In manchen Fällen sind mehrere Verbinder erforderlich, um die Vorschriften über Zugfestigkeit zu erfüllen. Tafel 1 enthält Angaben hierüber. Die Zahlen in der Tafel geben für verschiedene Verbinderarten an, wieviele Verbinder bei zugfesten Streckenverbindungen einzubauen sind, wobei vorausgesetzt ist, daß die Einzelverbinder nur geringe Zwischenräume haben. Durch Fußnoten ist auf Abweichungen, insbesondere bei Schlußbunden, eingegangen. Der Vollständigkeit halber sind in der Tafel alle üblichen Leitungswerkstoffe und -querschnitte aufgeführt. Die bei Ortsnetzfreileitungen bevorzugten Leiter sind durch Starkdruck hervorgehoben.

Bei Verwendung von Kerb-, Niet- und Schraubenverbindern ist eine Lösung der Schlaufe an den Schlußbunden und damit ein Nachziehen des Leiters nicht möglich. Aus diesem Grunde werden zum Schließen der Schlaufen vielfach Endbundklemmen bevorzugt, welche einen leichten Einbau ohne besondere Hilfswerkzeuge ermöglichen und zwecks Nachregulieren der Leitung leicht gelöst werden können. Die Endbundklemmen sollen so gestaltet sein, daß die Leiter ohne scharfe Knickbildung aus der Klemme austreten. Die Vorschriften über Zugfestigkeit sind zu erfüllen. Wenn an der Abspannstelle gleichzeitig eine Abzweigleitung anzuschließen ist, so verwendet man vorteilhaft Endbundklemmen, welche zum Anschluß der aus Kupfer oder Aluminium bestehenden Abzweigleitung bzw. Hausanschlußleitung eingerichtet sind. Der Einbau einer besonderen Abzweigklemme erübrigt sich dadurch, und es wird eine Kontaktstelle eingespart.

Isolierte Leitungen können unter Entfernung der Isolation wie blanke Leiter behandelt werden. Will man die Isolation belassen, so kann der Bindedraht-Schlußbund angewandt werden, bei welchem die um den Isolator herumgeschlungene Seilschlaufe mit Draht in geeigneter Weise abgebunden wird.

Für Hausanschlüsse werden noch besondere Zubehörteile benötigt, für welche ein Normungsvorschlag vorliegt. Es sind dies Einführungspfeifen für zwei bzw. vier Leiter, Verbindungsrohre und Endtüllen. Das Schema eines Hausanschlusses zeigt Bild 2.

Zugfeste Verbinder, die meist gleichzeitig auch stromführend sind, werden in Ortsnetzanlagen zur Herstellung von Verbindungen im freien Feld und zum Anschluß von Hilfsseilen an Trag- und Abspannpunkten mit erhöhter Sicherheit benötigt. Es dürfen auch hier nur Verbinder verwendet werden, welche den Leiter mit mindestens 90 % seiner Zugfestigkeit halten. Lötstellen sind für zugfeste Verbindungen ausgeschlossen (VDE 0100, § 22 d). Von der Herstellung von Verbindungen der übereinander gelegten Leiterenden mittels Drahtraupen ist — insbesondere bei Aluminiumleitungen — dringend abzuraten, da eine derartige Verbindung weder in mechanischer noch in elektrischer Hinsicht den Forderungen genügt.

Zur Herstellung zugfester Verbindungen stehen Kerb-, Niet- und Schraubenverbinder zur Verfügung. Weniger gebräuchlich, insbesondere bei Aluminiumleitungen, sind Konusverbinder, obwohl sie wegen ihres leichten und einfachen Zusammenbaues Vorteile bieten. Die Einbauvor-

[6]) W. Furkert, ETZ 56 (1935) S. 449.
[7]) P. Behrens, Aluminium, Berl. 19 (1937) S. 705.

Tafel 1. Erforderliche Anzahl Verbinder zur Herstellung zugfester Verbindungen.

Die dick gedruckten Zahlen gelten für Hoch- und Niederspannungs-Leitungen. Die kleingedruckten Zahlen gelten nur für Hochspannungs-Leitungen.

Gültig für verseilte Leiter aus Kupfer, Aluminium, Aldrey und Stahl nach DIN VDE 8201 sowie Stahl-Aluminiumleiter nach DIN VDE 8204.

Leitungsquerschnitt	Kerbverbinder					Einteilige Schraubverbinder			Zweiteilige Schraubverbinder			Einteilige Nietverbinder			Zweiteilige Nietverbinder			Zahnklemmen					Schraubverbinder	
	für Leiter aus					für Leiter aus			für Leiter aus			für Leiter aus			für Leiter aus			für Leiter aus					für Leiter aus	
mm²	Kupfer	Alumin.	Aldrey	Stahl-Alu.	Stahl 40…70 kg/mm²	Kupfer	Alum.	Stahl 40…70 kg/mm²	Kupfer	Alum.	Stahl 40 kg/mm²	Kupfer	Alum.	Stahl 40…70 kg/mm²	Kupfer	Alum.	Stahl 40 kg/mm²	Kupf.	Alum.	Aldrey	Stahl-Alu.	Stahl 40 kg/mm²	Alum.	Stahl-Alum.
10	1				2 b)	1			2 c)			1			2 c)									
16	1	1		1 a)	2 b)	1	2 c)	2 c)	2 c)	2 c)	2 c)	1	1	2 c)	2 c)	2 c)	2 c)	1				1	3 e)	3 e)
25	1	**1**	1	1 a)	2 b)	1	**2** c)	2 c)	2 c)	**2** c)	2 c)	1	**1**	2 c)	2 c)	**2** c)	2 c)	1	**1**	1	2 c)	1	**3** e)	3 e)
35	1	**1**	1	1 a)	2 b)	1	**2** c)	2 c)	2 c)	**2** c)	2 c)	1	**2** c)	2 c)	2 c)	**2** c)	2 c)	1	**1**	1	2 c)	1	**4** e)	4 e)
50	1	**1**	1	1 a)	2 b)	1	**2** c)	2 c)	2 c)	**2** c)	2 c)	1	**2** c)	2 c)	2 c)	**2** c)	2 c)	1	**1**	1	2 c)	2 c)	**4** e)	4 e)
70	1	**1**	1	1 a)	2 b)	2 c)	**2** c)	2 c)	2 c)	**2** c)	2 c)	2 c)	**2** c)	2 c)	2 c)	**2** c)	2 c)	1	**1**	1	2 c)	2 c)	**5** e)	5 e)
95	1	**1**	1	1 a)		2 c)	**2** c)	2 c)	2 c)	**2** c)		2 c)	**2** c)	2 c)	2 c)	**2** c)		2 c)	**2** c)	2 c)	2 c)	3 d)	**5** e)	5 e)
120	1	1	1	1 a)		2 c)	2 c)	2 c)	2 c)	2 c)		2 c)	2 c)		2 c)	2 c)		2 c)	2 c)	2 c)	3 d)	3 d)	5 e)	
150	1	1	1	1 a)		3 d)	2 c)	3 d)	3 d)	3 d)		3 d)	2 c)		3 d)	3 d)		2 c)	2 c)	2 c)	3 d)			
185		1	1	1 a)			3 d)												2 c)	3 d)				
240		1																	3 d)	3 d)				

Die Angaben beziehen sich auf Verbinder mit handelsüblichen Stahlschrauben

a) Für zugfeste Verbindungen ist die lange Ausführung erforderlich; für Schlußbunde genügt die kurze Ausführung. Bei Postkreuzungen in Starkstromanlagen über 1 kV ist jedoch für Schlußbunde ebenfalls die lange Ausführung zu verwenden. (Zugelassene Querschnitte 16 bis 50 mm².)

b) Für Stahlseile bis 40 kg/mm² Bruchfestigkeit ist nur ein Verbinder erforderlich; für Schlußbunde reicht in allen Fällen ein Verbinder aus.

c) Für Schlußbunde reicht ein Verbinder aus.

d) Für Schlußbunde sind zwei Verbinder zu verwenden.

e) Für Schlußbunde ist die gleiche Anzahl Verbinder erforderlich.

schriften der Herstellerfirmen sind genau zu beachten. Bei Aluminiumleitungen ist es wichtig, die Leiter vor Einschieben in die Verbindungshülsen durch eine mechanische Reinigung von der Oxydschicht zu befreien, um eine einwandfreie Kontaktgebung zu gewährleisten. Einfettung der Seile vor dem Zusammenbau erschwert die Oxydbildung, setzt jedoch auch die mechanische Haltbarkeit der Verbindung herab. Diese Maßnahmen sind besonders dann zu beachten, wenn z. B. bei Störungsbehebungen alte, durch Oxydation schwarz gewordene Leiter vorliegen.

Die Anzahl der Verbinder, welche zur Herstellung einer zugfesten Verbindung erforderlich sind, kann aus Tafel 1 entnommen werden. Die Verwendung von Klemmen für zugfeste Verbindungen ist weniger üblich.

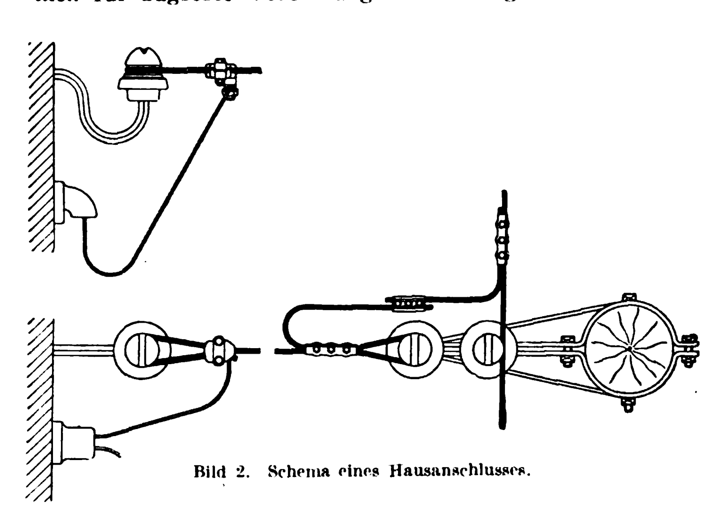


Bild 2. Schema eines Hausanschlusses.

Einen breiten Raum in den Ortsnetzanlagen nehmen die vorwiegend stromführenden Verbindungen ein. Sie werden benötigt zur Herstellung von Verbindungen zweier gleich starker Leiter an den Abspannpunkten und zur Herstellung von Abzweigen gleich oder verschieden starker Leiter. Im allgemeinen sollen stromführende Verbindungen nur in zugentlastete Leitungsteile eingebaut werden; es wird sich jedoch nicht immer vermeiden lassen, daß die Verbindungen auch auf Zug beansprucht werden, was bei der Auswahl der Verbinder bzw. Klemmen zu berücksichtigen ist. Man unterscheidet unlösbare und lösbare stromführende Verbindungen. Die unlösbaren Verbindungen werden mit Hilfe von Kerb-, Niet- und Schraubverbindern hergestellt. Die genannten Verbinder ergeben leichte, unauffällige Verbindungsstellen; sie lassen sich jedoch nicht in allen Fällen anwenden und erfordern besondere Hilfswerkzeuge. Die stromführenden Verbindungen werden deshalb vielfach mit Hilfe von Klemmen hergestellt, von welchen eine große Anzahl im Handel zu haben ist. Hinsichtlich der Ausführung unterscheiden sie sich oft wesentlich. In der Regel bestehen die Abzweigklemmen aus zwei mit Rillen zur Aufnahme der Leiter versehenen Klemmbacken, welche bei einigen Ausführungsformen zur Erhöhung des Klemmbereiches gegeneinander verschwenkbar angeordnet sind. Die Auswahl der Klemmen muß sich danach richten, welche mechanischen Beanspruchungen zu erwarten sind und wie hoch der zu übertragende Dauerstrom ist, wobei auch das Auftreten von Kurzschlüssen berücksichtigt werden muß. Bei der großen Anzahl der Abzweig- und Stromverbindungsstellen in einem Ortsnetz kommt der richtigen Auswahl von Klemmen und Verbindern sowohl hinsichtlich der Betriebssicherheit als auch der Wirtschaftlichkeit große Bedeutung zu. Ungeeignete Klemmen haben eine mangelhafte Kontaktgebung zur Folge und können zu sehr unliebsamen Störungen des Betriebes führen.

An jenen Stellen, wo ein Übergang auf einen anderen Leiterwerkstoff vorgenommen wird, ist mit besonderer Vorsicht zu verfahren, um Störungen durch elektrolytische Korrosion zu vermeiden. Man unterscheidet einen Über-

gang von Kupfer auf Aluminium, von Kupfer auf Stahl und von Aluminium auf Stahl. Am schwierigsten zu handhaben ist der Übergang von Kupfer auf Aluminium, da diese beiden Metalle zueinander eine hohe Potentialdifferenz aufweisen und deshalb leicht Korrosionen entstehen können.

Für solche Zwecke werden deshalb sogenannte „Al-Ku-Klemmen" verwendet, welche in der Regel aus einem Aluminium- und einem Kupferteil bestehen. Die Verbindungsstelle der beiden Metalle ist in das Innere der Klemme verlegt und durch entsprechende Mittel zuverlässig gegen den Zutritt von Luft und Feuchtigkeit abgedichtet, so daß Korrosionen nicht entstehen können. Bei Einbau derartiger Sonderklemmen soll nach Möglichkeit der Aluminiumleiter über den Kupferleiter zu liegen kommen, um Korrosionen durch herabfließendes Regenwasser zu vermeiden. Aus dem gleichen Grunde sollen die Leitungen am Gestänge bzw. bei Doppelrillen-Isolatoren stets so angeordnet werden, daß die Aluminiumleiter über den Kupferleitern liegen. Wo sich eine umgekehrte Anordnung nicht vermeiden läßt, tut man gut, den Aluminiumleiter durch aufgesetzte sogenannte „Tropfschutzbleche" aus verzinktem Stahlblech gegen Korrosion zu schützen[8]).

Leichter herzustellen ist der Übergang von Kupfer auf verzinkten Stahl bzw. von Aluminium auf verzinkten Stahl. Im erstgenannten Falle können die gleichen Klemmen verwendet werden, wie sie für Kupfer- bzw. Stahlleitungen üblich sind, d. h. solche Klemmen, welche entweder aus Kupfer oder verzinktem Stahl bestehen. Zur Herstellung einer Verbindung von Aluminium mit verzinktem Stahl sind Klemmen aus Aluminium oder verzinktem Stahl brauchbar. Ein besonderer Korrosionsschutz ist nicht erforderlich.

Es soll nicht verkannt werden, daß die Herstellung einer auf lange Jahre hinaus dauernd einwandfreien stromführenden Verbindung, insbesondere bei Aluminiumleitungen, technisch zwar möglich, wirtschaftlich jedoch nicht ganz einfach ist. Klemmen und Verbinder für diesen Zweck haben vielfachen Ansprüchen zu genügen. Die Kontaktgebung wird durch die starke Oxydbildung der Aluminiumleiter erschwert. Die Oxydschicht bildet zwar einen natürlichen Schutz der Leiter gegen Korrosionserscheinungen, elektrisch gesehen ist sie jedoch sehr unerwünscht, da sie im Gegensatz zu dem Verhalten von Kupferleitern einen hohen Übergangswiderstand bildet. Die Folge ist eine zusätzliche Erwärmung der Kontaktstelle, durch welche die Oxydbildung beschleunigt wird. Dieser Vorgang kann sich bei ungünstigen Bedingungen bis zum Ausbrennen der Kontaktstellen fortsetzen. Zur Vermeidung derartiger Störungsquellen ist eine sorgfältige Reinigung der Leiter vor dem Zusammenbau der Klemmen und Verbinder unerläßlich. Die Kontaktgebung wird durch Einfetten der Leiter günstig beeinflußt. Die Auswahl der geeignetsten Klemmen muß unter Berücksichtigung der vorliegenden Umstände geschehen, und deren Einbau muß sorgfältig vorgenommen werden. Vielfach sind die beobachteten Störungen auf zu hohe Strombelastungen der Leiter oder häufige schwere Kurzschlüsse zurückzuführen.

Bei Aluminiumleitern ist noch die Eigenschaft des sogenannten „Nachsetzens" oder „Fließens" zu berücksichtigen. Die verhältnismäßig weichen Leiter erfahren unter dem Einfluß des Klemmdruckes eine Verdichtung, welche sich durch eine Verringerung des Leiterdurchmessers äußert. Diese Erscheinung wird durch die Erwärmung beim Stromdurchgang begünstigt, da im warmen Zustand infolge der verschieden großen Wärmeausdehnung von Leiter und Klemmen ein erhöhter Druck ausgeübt wird. Dem Nachsetzen der Leiter kann begegnet werden durch Anwendung von Klemmen und Verbindern, bei deren Einbau der Leiter bereits eine so starke Verformung erfährt, daß ein Nachsetzen nicht mehr stattfindet. Als Beispiel sei auf den Kerbverbinder verwiesen. Bei den Klemmen ist eine einwandfreie Kontaktgebung nur gewährleistet, wenn der Kontaktdruck je nach Leitungsquerschnitt mindestens 0,5 bis 1 kg/mm² beträgt. Das Nachsetzen der Leiter kann bei den Klemmen durch eine ausreichende Eigenfederung der Klemmbacken oder durch eine zusätzliche Federanordnung ausgeglichen werden. Schwache Federn, wie z. B. federnde Unterlagscheiben, sind im Hinblick auf den hohen, durch die Schrauben ausgeübten Klemmdruck und den erforderlichen Federweg meist ungeeignet.

Zur Vermeidung von Korrosionserscheinungen sollen nur Klemmen und Verbinder eingebaut werden, welche entweder aus dem gleichen Werkstoff wie die Leiter bestehen oder aus solchen Baustoffen angefertigt sind, welche sowohl in sich als auch in Berührung mit den Leitern zu keinen Korrosionserscheinungen führen. Klemmen und Verbindungen für Aluminiumleitungen werden deshalb entweder aus Reinaluminium 99,5 oder aus korrosionsbeständigen Aluminiumlegierungen hergestellt.

Um sowohl den Verbrauchern als auch den Herstellern Richtlinien zur geeigneten Auswahl von Klemmen und Verbindern an die Hand zu geben, sind „Technische Lieferbedingungen" in Vorbereitung, welche Angaben über brauchbare Baustoffe sowie Richtlinien für die Herstellung, Konstruktion und zu erfüllenden Eigenschaften der Klemmen und Verbinder unter Berücksichtigung der im Betrieb auftretenden elektrischen, mechanischen und chemischen Beanspruchungen enthalten.

Winderregte, mechanische Schwingungen treten zwar auch in Ortsnetzanlagen auf. Infolge der geringeren Zugspannung der Leiter und der kleineren Spannweiten ist es jedoch nicht — wie bei Hochspannungs-Fernleitungen — erforderlich, besondere Schwingungsschutzvorrichtungen einzubauen. Nur bei der Auswahl der Tragbunde ist es nötig, auf Schwingungsvorgänge Rücksicht zu nehmen.

Es ist durchaus möglich, Ortsnetz-Freileitungen auch in Aluminium betriebssicher und störungsfrei herzustellen. Ein großer Teil der in den Nachkriegs- und Inflationsjahren verlegten Aluminium-Ortsnetze hat sich gut bewährt; in anderen sind allerdings Störungen aufgetreten, die hauptsächlich auf Verwendung unreinen Ausgangswerkstoffes, auf Verarbeitungs- und Verlegungsfehler und auf ungeeignete Klemmen zurückzuführen waren. Die Einhaltung der „Lieferbedingungen für Reinaluminium- und Stahlaluminiumseile", in welchen die bei der Herstellung und Prüfung der Seile zu beachtenden Gesichtspunkte niedergelegt sind, ist deshalb besonders wichtig. Die Verlegung der Seile muß mit großer Sorgfalt und von genügend geschulten Leuten vorgenommen werden. Gute Fettung der Seile seitens des Lieferwerkes ist zu empfehlen. Durch das Fett wird die Bildung einer Oxydhaut auf den Drähten weitgehend verhindert und die Querleitfähigkeit erhalten, so daß bei Anbringen von Abzweigen ein guter Stromübergang erreicht wird.

Beschädigungen der Seile beim Ausziehen lassen sich durch einfache Hilfsmittel vermeiden. Das Vorrecken der Seile ist vorsichtig auszuführen, um Überbeanspruchungen zu vermeiden. Die Werkzeuge, wie Spannklemmen u. dgl., dürfen nicht die Ursache von Verletzungen der Seile bilden. Die Werkzeuge für Kupfer- und Aluminiumleiter sind getrennt zu halten. Bei Beachtung aller Maßnahmen lassen sich Betriebsstörungen weitgehend vermeiden.

Zusammenfassung

Die zur Verlegung der Leiter in Ortsnetz-Freileitungen erforderlichen Mittel werden besprochen und die bei ihrer Auswahl maßgebenden Gesichtspunkte gezeigt. Auf die zur Zeit im Gange befindlichen Normungsarbeiten sowie die zu beachtenden VDE-Vorschriften wird hingewiesen.

[8]) Vgl. Lehmann, Elektrizitätswirtsch. 34 (1935) S. 662.

Die Verwendung von heimischen Werkstoffen im Freileitungs- und Ortsnetzbau

Von G. Lehmann VDE, Dresden

DK 621.315.17 : 620.2

Übersicht. Im folgenden wird eine Übersicht über Maßnahmen der Werkstoffumstellung auf dem Gebiet der Freileitungen und des Ortsnetzbaues gegeben.

Während der deutschen Wirtschaft vor dem Weltkriege alle Roh- und Werkstoffe, ganz gleichgültig, wo sie ihren Ursprung hatten, zur Verfügung standen, hat bereits der Weltkrieg mit der umfassenden Blockade des Feindes bewiesen, daß nicht die Produktionsfähigkeit eines Landes allein, sondern vielmehr die Beschäffung der Rohstoffe von ausschlaggebender Bedeutung ist. Zu der technischen Leistungsfähigkeit einer Wirtschaft gehört also beides. Es ist daher kein Wunder, daß die deutsche Wirtschaft auf Grund dieser Erkenntnisse des Krieges aus dieser Tatsache ihre Lehren gezogen hat, die bereits heute ihre Früchte tragen. Die während des Krieges und in der Nachkriegszeit auf dem Gebiete der Rohstoffbeschaffung gemachten Erfahrungen drängten zu dem Ziele, die Rohstoff-Freiheit auf allen Gebieten anzustreben.

Wenn auch in den Jahren nach dem Weltkriege an diesen Aufgaben gearbeitet wurde, so zeigten sich maßgebliche Fortschritte erst, als die nationalsozialistische Staatsführung planmäßig und zielbewußt die erforderlichen Anordnungen traf. Durch die staatlichen Überwachungsstellen wurde dafür gesorgt, daß die Rohstoffe, für die bereits ein brauchbarer Austauschstoff vorhanden war, nicht mehr für den Allgemeinverbrauch verwendet bzw. nur in beschränktem Maße freigegeben wurden. Die Reichsregierung hat ferner die deutschen Techniker auf den Plan gerufen und ihnen die erforderlichen Aufgaben für den Austausch gestellt. Auf allen Gebieten der Technik sind die Erfolge dieser Anstrengungen zu erkennen.

Als Teilausschnitt dieser Betrachtungen soll das Gebiet des Freileitungs- und Ortsnetzbaues herausgegriffen werden. Auf diesem zeigt sich bereits, wie weitgehend die Elektrizitätswerke heute schon in der Lage sind, ihre Freileitungs- und Kabelanlagen aus eigenen Rohstoffen zu erstellen.

Leiter

Das Elektrolytkupfer, welches früher ausschließlich als Leiterwerkstoff für die elektrischen Leitungen verwendet wurde, ist heute fast völlig verdrängt. Bereits während des Weltkrieges und in der Nachkriegszeit hat man begonnen, Kupferseil für Hochspannungsfreileitungen durch Aluminiumseil zu ersetzen. Entsprechend der geringeren Leitfähigkeit des Aluminiums müssen zwar die Querschnitte größer gewählt werden, hingegen wirkte sich das geringere spezifische Gewicht des Aluminiums für die Beanspruchung der Stützpunkte günstiger aus. Während anfänglich bei Aluminiumseilen Schwierigkeiten und Mißerfolge auftraten, sind diese durch zielbewußte Weiterentwicklung sowohl in der Fabrikation als auch in der Anordnung im Mastkopf heute ausgemerzt worden. Man hat erkannt, daß für die Herstellung der Aluminiumdrähte besondere Sorgfalt aufzuwenden ist, und daß vor allem eine große Reinheit des Rohaluminiums gefordert werden muß. Die Herstellung in völlig getrennten Aluminium-Drahtwalzwerken und Ziehereien verhindert den Einschluß von Kupferflittern, die dem Aluminium besonders gefährlich sind, weil sie unter Einwirkung von Feuchtigkeit durch elektrolytische Korrosion das Aluminium zerstören bzw. in der Betriebssicherheit herabsetzen.

Nachdem es so gelungen war, auf wirtschaftliche Weise einwandfreie Aluminiumseile mit einer Reinheit von 99,8 bis 99,9 % herzustellen, wurden auch die beim Bau der Leitungen noch auftretenden Schwierigkeiten bald überwunden. Durch entsprechende Montagemaßnahmen ist vermieden worden, daß das Aluminiumseil beim Auflegen auf die Leitungsmaste mit dem Boden in Berührung kommt und dadurch Keime für spätere Zerstörung aufnimmt oder infolge seiner mechanischen Weichheit bereits beim Verlegen beschädigt wird. Durch ausreichende Abmessung der Leiterabstände im Mastkopf wird ein Zusammenschlagen der Seile, die sich im Winde leicht bewegen bzw. nähern können, vermieden, während geeignete Dämpfungseinrichtungen und besonders sorgfältig ausgebildete Klemmen die Gefährdung der Seile durch Dauerschwingungsbrüche herabsetzen.

Da Aluminium bei Druckbeanspruchung allmählich seine ohnehin geringe Elastizität verliert, tritt in den Klemmen leicht eine Lockerung der Kontaktstellen auf, die wiederum schlechte Stromübergangsstellen zur Folge hat und schließlich durch Erwärmung die Klemme und das geklemmte Seil zerstört. Auch hier sind durch geeignete Konstruktionen die Schwierigkeiten heute zum größten Teil beseitigt. Für den Zusammenschluß von Kupferleitungen mit Aluminiumleitungen sind besondere Übergangsklemmen entwickelt worden, die Korrosionen zwischen den Metallen Kupfer und Aluminium ausschließen.

Die einschlägigen Anordnungen der Überwachungsstelle für unedle Metalle wurde von den Elektrizitätswerken auch nur während der ersten Zeit als unbequem empfunden, während sich sehr bald auch die Werke, die bisher keine Erfahrungen im Aluminiumleitungsbau hatten, dank des Erfahrungsaustausches, entsprechender Kurse usw., mit diesem Werkstoff zurechtfanden. Neuerdings ist die Reichsstelle für Metalle hinsichtlich der Beschränkung der Verwendung von Kupfer für Leitungszwecke noch einen Schritt weitergegangen, so daß heute Kupfer als Werkstoff für elektrische Starkstromfreileitungen, gleich welcher Art, überhaupt verboten ist bzw. nur auf begründeten Antrag hin freigegeben wird. Dieses Verbot macht den Leitungsbau unabhängig von dem ausländischen Kupfer und erspart dem Reiche die Ausgabe von Devisen. Es stellt aber keineswegs eine Einschränkung oder Erschwernis dar, sondern ist lediglich das Ergebnis einer stetigen und zielbewußten Weiterentwicklung. Während früher für kleinere Leiterquerschnitte und Spezialzwecke, insbesondere für das ausgedehnte Gebiet der Installation, Kupfer noch zugelassen war, kann heute in vielen Fällen ohne Schwierigkeiten Aluminium verwendet werden.

Neben Aluminium werden als Austauschwerkstoffe im Freileitungsbau Stahlaluminiumseile, Aldreyseile und verzinkte Eisenseile verwendet. Stahlaluminium und Aldrey werden wegen ihrer größeren mechanischen Festigkeit vornehmlich in Hochspannungsnetzen verwendet, wo mit hohen mechanischen Beanspruchungen durch Rauhreif und Eislast gerechnet werden muß. Im Ortsnetzbau oder für den Anschluß einzelner abseits gelegener Großabnehmer, bei denen die Strombelastung zu übersehen ist, kann in manchen Fällen auch verzinktes Eisenseil verwendet werden. Der Nachteil der schlechteren Leitfähigkeit des Eisens ist in solchen Fällen wegen der geringen zu übertragenden Leistung meist belanglos. Durch hochwertige Verzinkungsverfahren (z. B. Crapo-Verzinkung) gelingt es heute, für solche Eisenseile eine lange Lebensdauer auch bei starker atmosphärischer Beanspruchung zu erzielen.



Holzmaste

Die Leitungsmaste als Stützpunkte der Seile bestehen bei Ortsnetzen und kleinen Übertragungsleitungen vielfach aus Holz. Zum Schutz dieses Werkstoffes gegen Fäulnis ist eine geeignete Imprägnierung erforderlich. Hierzu wurde früher hauptsächlich Teeröl sowie Quecksilbersalz verwendet. Insbesondere die letztgenannten Salze sind — wirtschaftlich gesehen — als Rohstoffe kostbar und konnten daher in dem Umfange, wie sie für die Imprägnierung von Masten erforderlich waren, nicht mehr eingesetzt werden. An seine Stelle tritt ein ausschließlich aus deutschen Rohstoffen hergestelltes Imprägniersalz, welches zumindest die gleiche, wenn nicht größere Schutzwirkung gegenüber Fäulniserscheinungen verbürgt. Zur einwandfreien Durchtränkung des Holzes mit diesen Imprägniersalzen sind besondere Imprägnierverfahren entwickelt worden, bei denen entweder durch statischen Druck die Salzlösung den Holzmast in axialer Richtung durchwandert oder durch osmotische Wirkung im frischen Holzmast in die Zellen des Holzgewebes eindringt.

Betonmaste

Für Höchstspannungsleitungen mit großen Spannweiten werden im allgemeinen nur Eisengittermaste verwendet. Aber auch hier zwingt uns unsere Rohstofflage zu äußerster Sparsamkeit und zur Prüfung, ob nicht in dem einen oder anderen Falle andere weniger wertvolle Stoffe genommen werden können. Im Vordergrund steht hierbei der Betonmast, der vornehmlich als Schleuderbetonmast ausgeführt wird und in dieser Form imstande ist, große Spitzenzüge aufzunehmen. Infolge seines hohen Gewichtes ergeben sich zwar beim Transport und bei den Stellarbeiten gegenüber den Eisengittermasten gewisse Schwierigkeiten, die aber im ebenen Gelände nicht allzusehr ins Gewicht fallen. Man hat auch versucht, die Herstellung der Maste an Ort und Stelle vorzunehmen. Hierfür sind verschiedene Verfahren entwickelt worden. Am künftigen Maststandort wird eine Form aufgestellt, die Eisenarmierung eingebracht und mit Hilfe besonderer Gießvorrichtungen unter stetigem Rütteln der Mast in der gewünschten Form hergestellt.

Stahlmaste

Stahlmaste in eisensparender Konstruktion sind vor allem Rohrgittermaste, die, wie der Name sagt, ähnlich wie die Gittermaste hergestellt sind, bei denen jedoch statt Winkel- und U-Eisen Profilrohre verwendet werden. Durch besondere Profilrohrträger oder flache Rohrquerschnitte (Stahlpanzerrohrmaste) sind bereits eisensparende Maststützpunkte hergestellt worden, die sich auch bewährt haben.

Für die Gründung der schweren gittereisernen Maste, die zum Teil mit Schwellenrosten oder Betonfundament durchgeführt wurde, hat man in letzter Zeit ausschließlich Fundamente zwecks Eisen- und Holzeinsparung vorgeschrieben. Um den Zementverbrauch soweit als möglich einzuschränken, können die Gründungen auch mit hochwertigem Kalkmörtel ausgeführt werden.

Isolatoren

Bei Kappenisolatoren für Hochspannung wurde allgemein für die Innenkonstruktion als Füllstoff Blei verwendet. Mit Rücksicht auf die erforderliche Einsparung dieses Metalles ist man auch hier zu der früher bereits angewendeten Zementkittung übergegangen. Hier zeigte es sich sogar, daß durch die Einführung der Kittung Schäden, die sich im Laufe der Jahre an den verbleiten Isolatoren ergaben, vermieden werden können. Durch Einfüllen des heißen Bleies in den Porzellankörper entstehen innere Wärmespannungen, die sich im Laufe der jahrelangen mechanischen Beanspruchung schließlich als Fehlerursachen herausstellen und zu Betriebsstörungen führen. Während bei verbleiten Isolatoren sich derartige Mängel mehr oder weniger gezeigt haben, trat bei gekitteten Isolatoren eine solche Erscheinung nicht auf. Hier muß also die Vermeidung des Bleies als ein besonderer technischer Fortschritt gewertet werden. Eine Isolatorenkonstruktion für Hochspannung, die außer den technischen Erfordernissen auch weitgehend die Materialersparnis berücksichtigt, ist der Langstabisolator. Hierbei ist es durch Vervollkommnung der Fabrikationsverfahren gelungen, beim Porzellan eine genügende Zug- und Biegefestigkeit zu erreichen, so daß außer den beiden Eisenkappen an den Enden und den Schutzarmaturen überhaupt keine weiteren Metalle verwendet werden.

Anstrichfarben

Bei den Farben für den Anstrich der Leitungsmaste gilt es, die aus dem Auslande zu beziehenden Öle und Bleiverbindungen einzusparen. Während früher ausschließlich Bleimennige mit Leinöl als Bindemittel sowie Deckfarben aus Bleiweiß genommen wurden, gibt es heute zahllose Anstrichstoffe, die sämtlich aus deutschen Erzeugnissen hergestellt sind und dabei hinsichtlich der Rostschutzwirkung und Haltbarkeit die alten Farben teilweise übertreffen. Als Farbkörper werden vornehmlich Eisenglimmer, Aluminium, Schwerspat, Graphitkohle und ähnliches verwendet, während die Bindemittel ausschließlich auf Kunstharzbasis hergestellt sind.

Holzmast-Nachpflege

Auch die sachgemäße Nachpfege von Holzmasten ist dazu angetan, die Lebensdauer der Holzmaste zu verlängern und damit diesen wichtigen Rohstoff „Holz“ sparsam zu bewirtschaften.

Jeder imprägnierte Leitungsmast muß bekanntlich nach einer Reihe von Jahren ausgewechselt werden, weil die ursprünglich eingebrachte Menge an Imprägnierstoff im Zopf und an der Erdaustrittszone in ihrer Wirkung nachläßt. Der Schaft des Mastes hat dagegen eine längere Lebensdauer. Für die gefährdeten Stellen besteht daher die Notwendigkeit, nachträglich Imprägnierstoff zuzuführen. Dies kann nun in einfacher Weise dadurch geschehen, daß die gefährdeten Stellen von Zeit zu Zeit mit einem Imprägniermittel nachgestrichen werden. Diese Nachbehandlung ist jedoch, da sie in gewissen Zeitabständen wiederholt werden muß, kostspielig. Man ist daher in den letzten Jahren dazu übergegangen, sogenannte „Schutzbandagen“ zu verwenden. Zu diesem Zwecke bringt man fabrikationsmäßig das Imprägnierungssalzgemisch auf Gewebestreifen auf, die um den Mast an den gefährdeten Stellen gelegt werden. Man erreicht damit einen laufenden Imprägniervorgang, der sowohl durch die Holzfeuchtigkeit als auch durch das bei Regen am Mast herablaufende Wasser gefördert wird. Die Bandage ist um so wertvoller, je mehr sie Imprägnierstoff enthält.

Der ebenfalls stark der Fäulnis ausgesetzte Mastteil ist der Mastzopf. Zur Nachbehandlung dieses Mastteiles verwendet man den Zopfschutz. Dieser Zopf- oder Kopfschutz ist ähnlich aufgebaut wie die Mastbandage und wird auf dem Holzmast aufgenagelt. Ein Teil des Niederschlagwassers dringt in das Imprägnierpolster ein, löst den Imprägnierstoff auf und führt ihn zum Teil unmittelbar in das Mastende hinein. Eine Teilmenge rinnt am Mast entlang und dringt in Risse und Spalten der Mastoberfläche ein und wird dort vom Holz aufgenommen.

Wenn auch die Nachbehandlung der Holzmaste erst seit einer Reihe von Jahren betrieben wird, so kann man wohl heute schon sagen, daß durch diese Maßnahme die Lebensdauer der Maste um mehrere Jahre verlängert wird.

Zusammenfassung

Die Darlegungen zeigen, welche weitgehenden Erfolge die Bemühungen des Vierjahresplanes allein auf dem Gebiete des Freileitungsbaues erzielt haben. Diese Erfolge machen uns erfreulicherweise weitgehend unabhängig von den Rohstoffquellen des Auslandes und helfen damit auch der Staatsführung bei der Deviseneinsparung.

DK 621.315.623.7 **Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr** Februar 1941

Starkstrom-Freileitungen

Stützenisolatoren

Nennspannung unter 1 kV

Einspruchsfrist: 15. April 1941

Elektrotechnik

DIN Entwurf 1 48150

Maße in mm

Ersatz für DIN VDE 8010 und DIN VDE 8011

Stützenisolator N 80 und N 95

Nulleiter-Stützenisolator NO 80 und NO 95

Glasiert mit Ausnahme der durch —·—·— gekennzeichneten Fläche und des Stutzenloches

Bezeichnung eines Stützenisolators N von Außendurchmesser $D_1 = 80$ mm:

Stützenisolator N 80 DIN 48150

Bezeichnung eines Nulleiter-Stützenisolators NO von Außendurchmesser $D_1 = 80$ mm:

Stützenisolator NO 80 DIN 48150

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Kurzzeichen	D_1	D_2	H	a	b	Gewindekerndurchmesser d_1	Gewindekerndurchmesser d_2	r_1	r_2	Mindestbruchlast kg
N 80	80	42	85	38	31	19	21	7,5	—	1200
NO 80									2,5	
N 95	95	50	95	41	38	22	24	12,5	—	1500
NO 95									2,5	

Fehlende Maße sind freie Maße
Zulässige Abweichungen: Grobtoleranz nach DIN 40680
Farbe: braun
Werkstoff: keramischer Isolierstoff I A 1 DIN 40685
Die Stützenisolatoren müssen mit einem Ursprungszeichen versehen sein
Gewinde: nicht genormt
Prüfverfahren nach VDE 0335 „Leitsätze für die Prüfung keramischer Isolierstoffe"
Für die zulässigen Leitungsquerschnitte und ihre Zugbeanspruchung ist die zulässige Beanspruchung der Isolatorstützen zugrunde zu legen.
Isolatorstützen, gerade, siehe DIN 48050
gebogen, siehe DIN 48051 (DIN VDE 8051)

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

DK 621.315.652 **Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr** Februar 1941

Starkstrom-Freileitungen

Isolatorstützen

gerade

Nennspannung unter 1 kV

Einspruchsfrist: 15. April 1941

Elektrotechnik

DIN Entwurf 1 48050

Maße in mm

Ersatz für DIN VDE 8050

Isolatorstütze NS 80 A und NS 95 A

Isolatorstütze NS 80 B und NS 95 B

Bezeichnung einer Isolatorstütze NS 80 A mit Mutter und Scheibe:

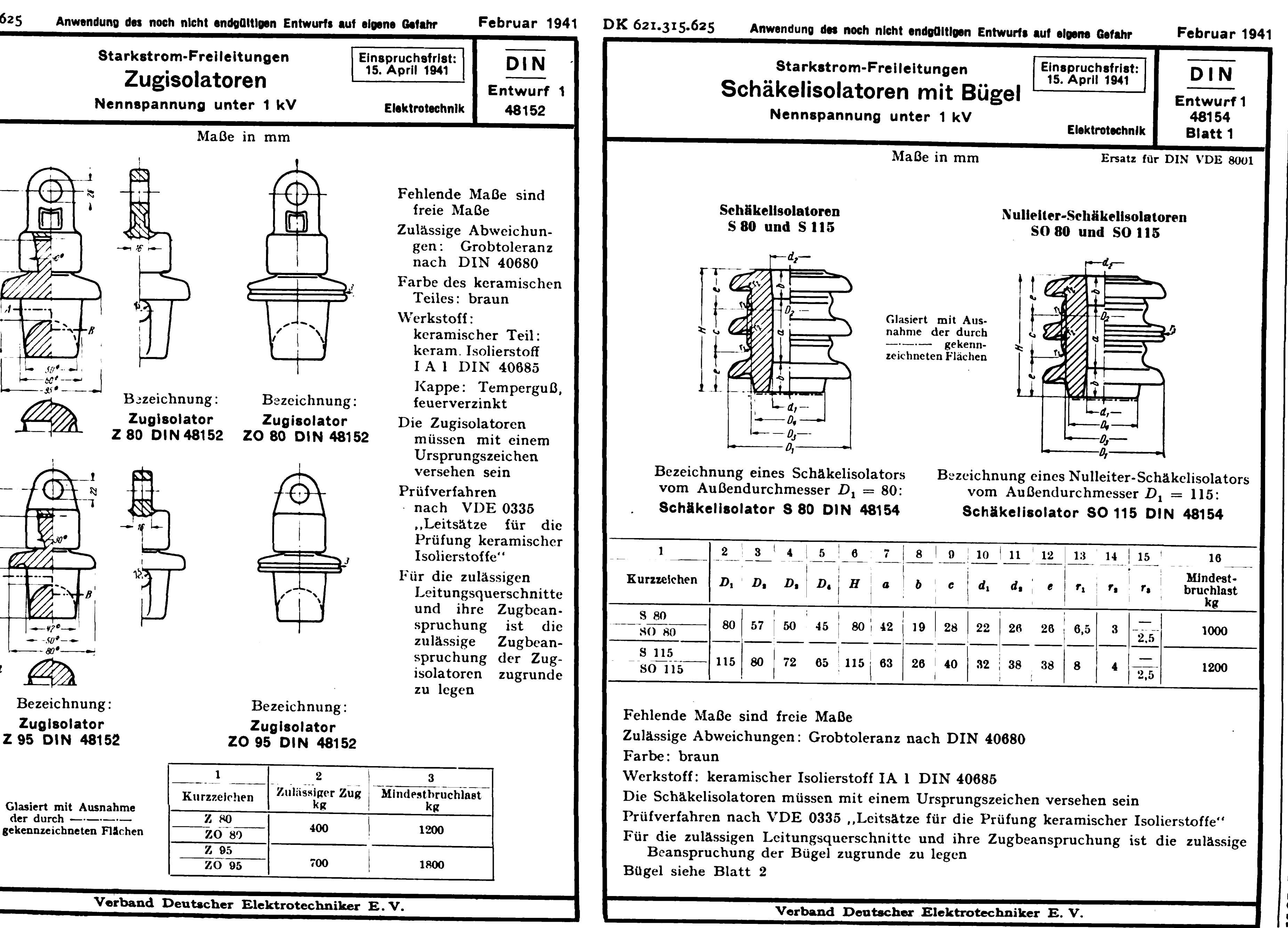
Isolatorstütze NS 80 A DIN 48050

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Bezeichnung	a	b	c	d	d_1	d_3	d_4	[1])	SW[2])	e	f	g	h	l	Zulässiger Zug P[3]) in kg	Für Stützen-Isolator
NS 80 A	85	95	50	16	—	—	M 12	(½")	19	13	—	56	9	180	75	N 80 u. NO 80
NS 80 B	100				16	28	M 20	(¾")	30		30	51	14	195	300	
NS 95 A	85	100	50	19	—	—	M 16	(⅝")	24	17	—	49	11	185	150	N 95 u. NO 95
NS 95 B	105		65		21	30	M 24	(1")	36		40	42	18	205	600	

[1]) Gewinde: metrisch nach DIN 14, Whitworthgewinde ab . . . . nicht mehr zugelassen
[2]) SW = Schlüsselweite. Der Bund darf nicht aufgeschweißt, sondern muß aus dem vollen Werkstoff angestaucht werden. Die Bundunterfläche muß rechtwinklig zur Stützenachse liegen
[3]) Eine Beanspruchung von 1600 kg/cm² vorausgesetzt

Werkstoff: Flußstahl
Ausführung: roh (mit Ausnahme der bearbeiteten Bundunterfläche bei Stützen NS 80 B und NS 95 B), feuerverzinkt
Rohe Sechskantmuttern aus Flußstahl nach DIN 555 Blatt 1, feuerverzinkt
Rohe Unterlegscheiben aus Flußstahl nach DIN 126, feuerverzinkt

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.



DK 621.315.625 — Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr — Februar 1941

Starkstrom-Freileitungen

Zugisolatoren

Nennspannung unter 1 kV

Einspruchsfrist: 15. April 1941

Elektrotechnik

DIN Entwurf 1 48152

Maße in mm

Bezeichnung: **Zugisolator Z 80 DIN 48152**

Bezeichnung: **Zugisolator ZO 80 DIN 48152**

Bezeichnung: **Zugisolator Z 95 DIN 48152**

Bezeichnung: **Zugisolator ZO 95 DIN 48152**

Fehlende Maße sind freie Maße

Zulässige Abweichungen: Grobtoleranz nach DIN 40680

Farbe des keramischen Teiles: braun

Werkstoff: keramischer Teil: keram. Isolierstoff I A 1 DIN 40685

Kappe: Temperguß, feuerverzinkt

Die Zugisolatoren müssen mit einem Ursprungszeichen versehen sein

Prüfverfahren nach VDE 0335 „Leitsätze für die Prüfung keramischer Isolierstoffe"

Für die zulässigen Leitungsquerschnitte und ihre Zugbeanspruchung ist die zulässige Zugbeanspruchung der Zugisolatoren zugrunde zu legen

Glasiert mit Ausnahme der durch —·—·— gekennzeichneten Flächen

1	2	3
Kurzzeichen	Zulässiger Zug kg	Mindestbruchlast kg
Z 80 / ZO 80	400	1200
Z 95 / ZO 95	700	1800

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

DK 621.315.625 — Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr — Februar 1941

Starkstrom-Freileitungen

Schäkelisolatoren mit Bügel

Nennspannung unter 1 kV

Einspruchsfrist: 15. April 1941

Elektrotechnik

DIN Entwurf 1 48154 Blatt 1

Maße in mm — Ersatz für DIN VDE 8001

Schäkelisolatoren S 80 und S 115

Nulleiter-Schäkelisolatoren SO 80 und SO 115

Glasiert mit Ausnahme der durch —·—·— gekennzeichneten Flächen

Bezeichnung eines Schäkelisolators vom Außendurchmesser $D_1 = 80$:
Schäkelisolator S 80 DIN 48154

Bezeichnung eines Nulleiter-Schäkelisolators vom Außendurchmesser $D_1 = 115$:
Schäkelisolator SO 115 DIN 48154

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Kurzzeichen	D_1	D_2	D_3	D_4	H	a	b	c	d_1	d_2	e	r_1	r_2	r_3	Mindestbruchlast kg
S 80 / SO 80	80	57	50	45	80	42	19	28	22	26	26	6,5	3	— / 2,5	1000
S 115 / SO 115	115	80	72	65	115	63	26	40	32	38	38	8	4	— / 2,5	1200

Fehlende Maße sind freie Maße

Zulässige Abweichungen: Grobtoleranz nach DIN 40680

Farbe: braun

Werkstoff: keramischer Isolierstoff IA 1 DIN 40685

Die Schäkelisolatoren müssen mit einem Ursprungszeichen versehen sein

Prüfverfahren nach VDE 0335 „Leitsätze für die Prüfung keramischer Isolierstoffe"

Für die zulässigen Leitungsquerschnitte und ihre Zugbeanspruchung ist die zulässige Beanspruchung der Bügel zugrunde zu legen

Bügel siehe Blatt 2

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

DK 621.315.625 Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr Februar 1941

Starkstrom-Freileitungen

Schäkelisolatoren mit Bügel

Nennspannung unter 1 kV

Einspruchsfrist: 15. April 1941

Elektrotechnik

DIN Entwurf 1 48154 Blatt 2

Maße in mm

Seite 1

Gerade Bügel zu Schäkelisolatoren

Bezeichnung eines geraden Bügels B 115 g A mit Niet, Scheiben und Splint:

Bügel B 115 g A DIN 48154

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Kurzzeichen	a	b	c	d_1	d_2	d_3	d_4	e	f	h	i	k	l
B 80 g A	100	54	23	18	20	5	14	20,5	5	110	25	40	123
B 80 g B	106		26					14	8				
B 115 g A	145	85	30	28	30	6	18	20	8	155	30	50	168
B 115 g B	153		34					12	12				

15	16	17	18	19	20	21
Kurzzeichen	Zul. Zug in kg P[1])	Z[1])	Halbrundniet mit Bohrung	Rohe Scheiben	Splint	Für Schäkelisolator
B 80 g A	500	120	18×120 DIN 124	21 DIN 126	5×35 DIN 94	S 80 und SO 80
B 80 g B	600	230				
B 115 g A	900	250	28×170 DIN 124	31 DIN 126	6×45 DIN 94	S 115 und SO 115
B 115 g B	1200	330				

[1]) Eine Beanspruchung von 1600 kg/cm² vorausgesetzt

Ausführung: roh, feuerverzinkt
Werkstoff: Flußstahl

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

DK 621.315.625 Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr Februar 1941

Starkstrom-Freileitungen

Schäkelisolatoren mit Bügel

Nennspannung unter 1kV

Einspruchsfrist: 15. April 1941

Elektrotechnik

DIN Entwurf 1 48154 Blatt 2

Maße in mm

Seite 2

Schräge Bügel zu Schäkelisolatoren

Bezeichnung eines schrägen Bügels B 115 s A mit Niet, Scheiben und Splint:

Bügel B 115 s A DIN 48154

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Kurzzeichen	a	b	c	d_1	d_2	d_3	d_4	e	f	g	h	i	k	l
B 80 s A	100	54	23	18	20	5	14	20,5	5	106	117	25	40	123
B 80 s B	106		26					14	8					
B 115 s A	145	85	30	28	30	6	18	20	8	150	165	30	50	168
B 115 s B	153		34					12	12					

16	17	18	19	20	21	22
Kurzzeichen	Zul. Zug in kg P[1])	Z[1])	Halbrundniet mit Bohrung	Rohe Scheiben	Splint	Für Schäkelisolator
B 80 s A	500	130	18×120 DIN 124	21 DIN 126	5×35 DIN 94	S 80 und SO 80
B 80 s B	600	230				
B 115 s A	900	250	28×170 DIN 124	31 DIN 126	6×45 DIN 94	S 115 und SO 115
B 115 s B	1200	330				

[1]) Eine Beanspruchung von 1600 kg/cm² vorausgesetzt

Ausführung: roh, feuerverzinkt
Werkstoff: Flußstahl

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

DK 621.315.625 Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr Februar 1941

Starkstrom-Freileitungen

Isolier-Eier

Nennspannung unter 1 kV

Einspruchsfrist: 15. April 1941

Elektrotechnik

DIN Entwurf 1 48156

Maße in mm

glasiert mit Ausnahme der durch —·— gekennzeichneten Flächen

Schnitt A–B

Bezeichnung eines Isolier-Eies von Länge $L = 100$ mm:
Isolier-Ei 100 DIN 48156

1	2	3	4	5	6
Länge L	D	d	h	Zul. Zug kg	Mindestbruchlast kg
75	55	12	10,5	1400	4000
100	75	15	12,5	2000	6000

Fehlende Maße sind freie Maße
Zulässige Abweichungen Grobtoleranz nach DIN 40680
Farbe: braun
Werkstoff: Keramischer Isolierstoff IA 1 und II B 1 DIN 40685
Prüfverfahren nach VDE 0335 „Leitsätze für die Prüfung keramischer Isolierstoffe

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

DK 621.315.626 Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr Februar 1941

Starkstrom-Freileitungen

Hauseinführung

Nennspannung unter 1 kV

Einspruchsfrist: 15. April 1941

Elektrotechnik

DIN Entwurf 1 48160

Maße in mm

Seite 1

Übersicht

1	2	3	4	5	6	7	8
Hauseinführung	Vierfach			Zweifach			Verwendung
	Tülle	Rohr	Pfeife	Tülle	Rohr	Pfeife	
Kurzzeichen	T 4	R 240 R 360 R 480 R 1500	P 4	T 2	R 240 R 360 R 480 R 1500	P 2	Mauerdicke 1 Stein Mauerdicke 1½ Steine Mauerdicke 2 Steine beliebig
Stückzahl	1	2	1	1	4	1	
Farbe	braun	—	braun	braun	—	braun	
Oberfläche	glasiert[1])	unglasiert	glasiert[1])	glasiert[1])	unglasiert	glasiert[1])	
Werkstoff	keramischer Isolierstoff A 1 DIN 40685						
Zulässige Abweichung	Grobtoleranz nach DIN 40680						

[1]) mit Ausnahme der durch —·—·— gekennzeichneten Flächen.

Tülle

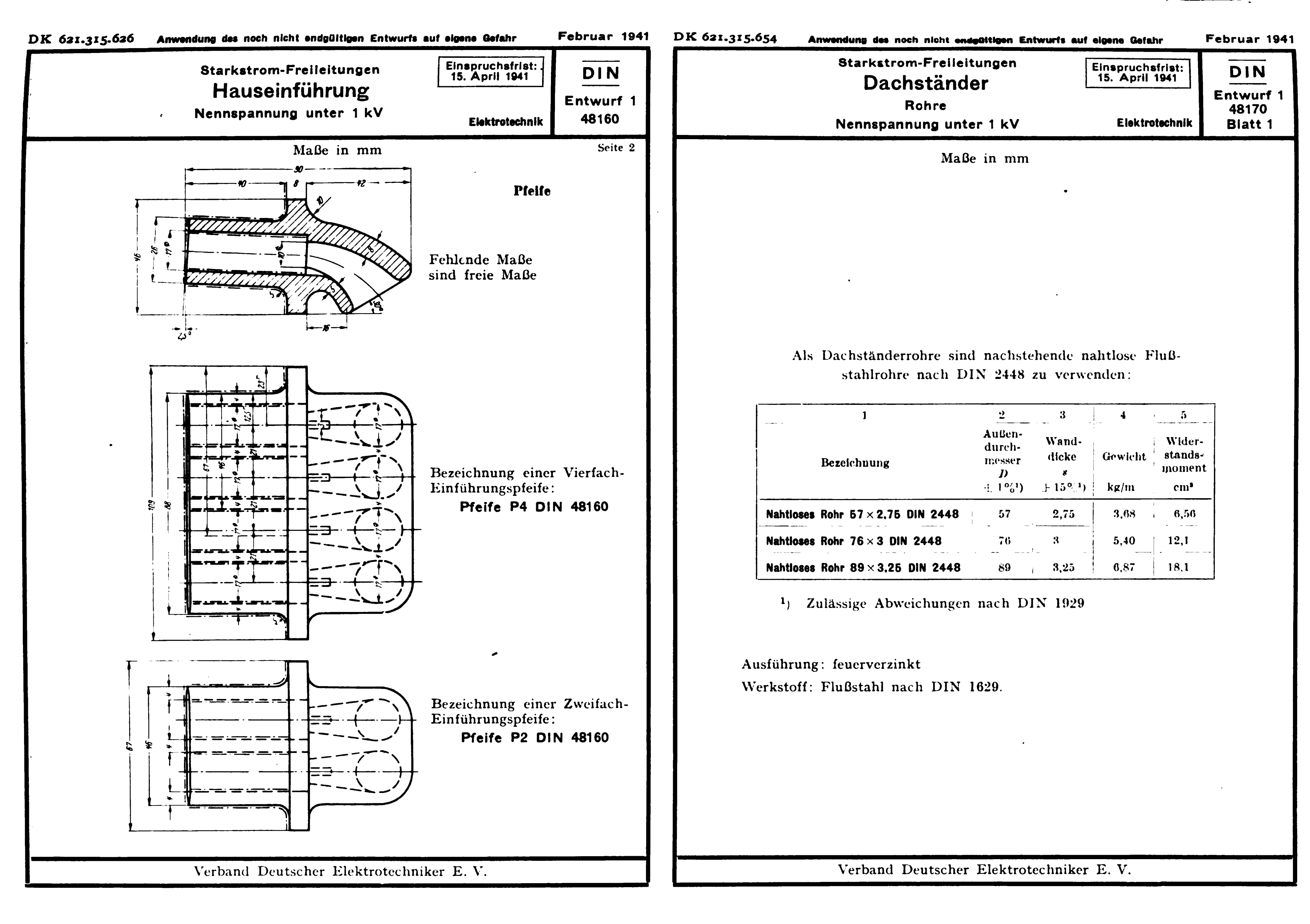
Bezeichnung: **Tülle T4 DIN 48160** **Tülle T2 DIN 48160**

Rohr

Kurzzeichen	Länge
R 265	265
R 385	385
R 505	505
R 1500	1500

Bezeichnung eines Rohres von 240 mm Länge:
Rohr R 240 DIN 48160

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.



DK 621.315.626 Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr Februar 1941

Starkstrom-Freileitungen
Hauseinführung
Nennspannung unter 1 kV

Einspruchsfrist: 15. April 1941

Elektrotechnik

DIN Entwurf 1 48160

Maße in mm

Seite 2

Pfeife

Fehlende Maße sind freie Maße

Bezeichnung einer Vierfach-Einführungspfeife:
Pfeife P4 DIN 48160

Bezeichnung einer Zweifach-Einführungspfeife:
Pfeife P2 DIN 48160

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

DK 621.315.654 Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr Februar 1941

Starkstrom-Freileitungen
Dachständer
Rohre
Nennspannung unter 1 kV

Einspruchsfrist: 15. April 1941

Elektrotechnik

DIN Entwurf 1 48170 Blatt 1

Maße in mm

Als Dachständerrohre sind nachstehende nahtlose Flußstahlrohre nach DIN 2448 zu verwenden:

1	2	3	4	5
Bezeichnung	Außendurchmesser D ± 1%[1]	Wanddicke s + 15%[1]	Gewicht kg/m	Widerstandsmoment cm³
Nahtloses Rohr 57 × 2,75 DIN 2448	57	2,75	3,68	6,56
Nahtloses Rohr 76 × 3 DIN 2448	76	3	5,40	12,1
Nahtloses Rohr 89 × 3,25 DIN 2448	89	3,25	6,87	18,1

[1]) Zulässige Abweichungen nach DIN 1929

Ausführung: feuerverzinkt
Werkstoff: Flußstahl nach DIN 1629.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.



DK 621.315.654 Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr Februar 1941

Starkstrom-Freileitungen

Dachständer

Hauben

Nennspannung unter 1 kV

Einspruchsfrist: 15. April 1941

Elektrotechnik

DIN Entwurf 1 48170 Blatt 2

Maße in mm

Bezeichnung einer Haube für Dachständerrohr von 76 mm Außendurchmesser:

Haube H 76 DIN 48170

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Kurzzeichen	D_1	D_2	d_1	d_2	H	h_1	h_2	r	Für Dachständerrohr
H 57	72	47	62	33	85	25	20	2,5	57 × 2,75
H 76	92	65	81	51	115	35	20	2,5	76 × 3
H 89	107	77	95	64	128	35	20	3	89 × 3,25

Fehlende Maße sind freie Maße
Zulässige Abweichungen: Grobtoleranz nach DIN 40680
Farbe: braun
Werkstoff: keramischer Isolierstoff IA 1 DIN 40685

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

DK 621.315.654 Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr Februar 1941

Starkstrom-Freileitungen

Dachständer

Schellen

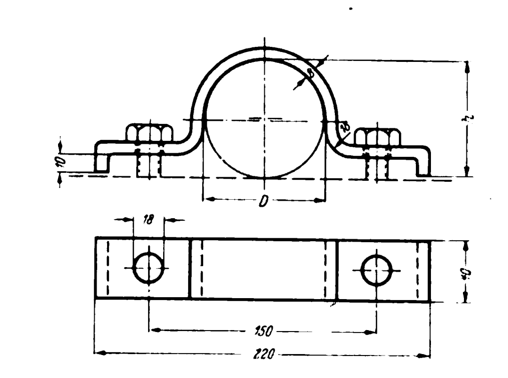
Nennspannung unter 1 kV

Einspruchsfrist: 15. April 1941

Elektrotechnik

DIN Entwurf 1 48170 Blatt 3

Maße in mm



Bezeichnung einer Schelle[1]) für Dachständerrohr von 76 mm Außendurchmesser:

Schelle S 76 DIN 48170

1	2	3	4
Kurzzeichen	D	h	Für Dachständerrohr
S 57	59	54	57 × 2,75
S 76	78	73	76 × 3
S 89	91	86	89 × 3,25

[1]) Für Querträger-, Ankerkopflaschen-, Dachständerrohr- und Steigquerträgerbefestigung

Fehlende Maße sind freie Maße
Ausführung: feuerverzinkt
Werkstoff: Flußstahl

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

DK 621.315.654 Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr Februar 1941

Starkstrom-Freileitungen

Dachständer

Anker

Nennspannung unter 1 kV

Einspruchsfrist: 15. April 1941

Elektrotechnik

DIN Entwurf 1 48170 Blatt 4

Maße in mm

Seite 1

Ankerkopflasche

(Schelle nach Blatt 3)

Bezeichnung: **Ankerkopflasche KL DIN 48170**

Ankerfußlasche

Bezeichnung: **Ankerfußlasche FL DIN 48170**

Fehlende Maße sind freie Maße
Ausführung: feuerverzinkt
Werkstoff: Flußstahl

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

DK 621.315.654 Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr Februar 1941

Starkstrom-Freileitungen

Dachständer

Anker

Nennspannung unter 1 kV

Einspruchsfrist: 15. April 1941

Elektrotechnik

DIN Entwurf 1 48170 Blatt 4

Maße in mm

Seite 2

Kausche für Ankerseile

Bezeichnung: **Kausche K DIN 48170**

Fehlende Maße sind freie Maße
Ausführung: feuerverzinkt
Werkstoff: Flußstahl

Ankerseile

(nach DIN BERG 1253)

Bezeichnung eines Ankerseiles von 50 mm² Nennquerschnitt:
Drahtseil 9 C BERG 1253

1	2	3	4	5	6	7
Bezeichnung	Querschnitt		Durchmesser	Zugfestigkeit	Aderzahl	Bemerkung
	Nennwert	Sollwert	d	kg/mm²		
9 C BERG 1253	50	48,4	9	40	19	Weitere Angaben siehe DIN BERG 1253
11 C BERG 1253	70	72,2	11			

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

DK 621.315.654 Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr Februar 1941

Starkstrom-Freileitungen

Dachständer

Abdichtungen

Nennspannung unter 1 kV

Einspruchsfrist: 15. April 1941

Elektrotechnik

DIN Entwurf 1 48170 Blatt 5

Maße in mm

Seite 1

Schutztrichter

Bezeichnung einer Manschette für Dachständerrohr von 76 mm Außendurchmesser:

Schutztrichter Tr 76 DIN 48170

1 Kurzzeichen	2 d_1 ± 1	3 d_2 ≈	4 Für Dachständerrohr
Tr 57	59	89	57 × 2,75
Tr 76	78	110	76 × 3
Tr 89	91	124	89 × 3,25

Werkstoff: Zinkblech

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

DK 621.315.654 Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr Februar 1941

Starkstrom-Freileitungen

Dachständer

Abdichtungen

Nennspannung unter 1 kV

Einspruchsfrist: 15. April 1941

Elektrotechnik

DIN Entwurf 1 48170 Blatt 5

Maße in mm

Seite 2

Preßring

vernietet oder verschweißt

Halbrundschraube M 6 × 25/25 DIN 86 verzinkt

Sechskantmutter M 6 DIN 555 verzinkt

Bezeichnung eines Preßringes für Dachständerrohr von 76 mm Außendurchmesser:

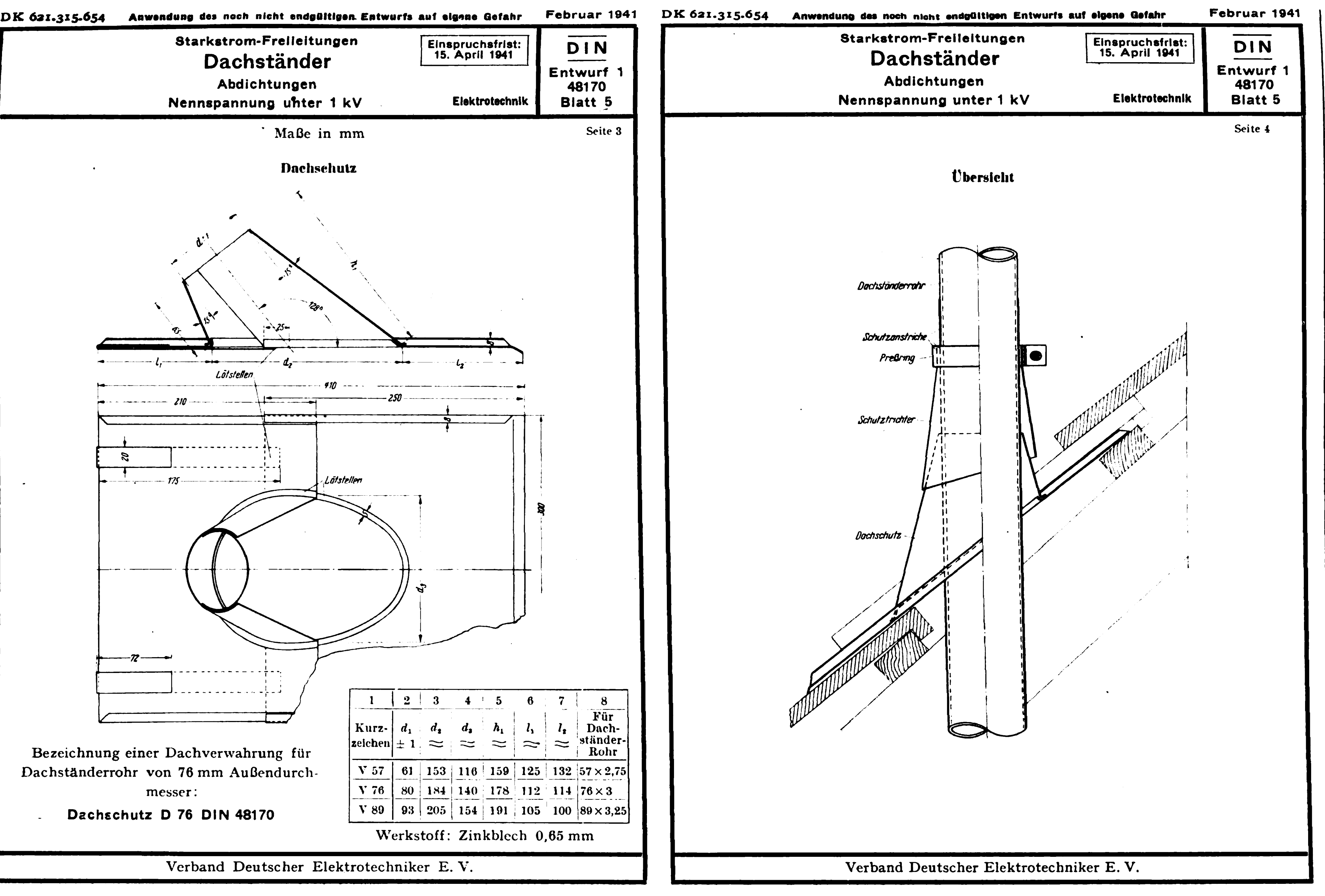
Preßring P 76 DIN 48170

1 Kurzzeichen	2 d_1 ± 1	3 L ≈	4 Für Dachständerrohr
P 57	59	84	57 × 2,75
P 76	78	103	76 × 3
P 89	91	116	89 × 3,25

Werkstoff: Bandstahl

Ausführung: feuerverzinkt

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.



DK 621.315.654 Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr Februar 1941

Starkstrom-Freileitungen
Dachständer
Abdichtungen
Nennspannung unter 1 kV

Einspruchsfrist: 15. April 1941

Elektrotechnik

DIN Entwurf 1 48170 Blatt 5

Seite 3

Maße in mm

Dachschutz

1	2	3	4	5	6	7	8
Kurz-zeichen	d_1 ± 1	d_2 ≈	d_3 ≈	h_1 ≈	l_1 ≈	l_2 ≈	Für Dach-ständer-Rohr
V 57	61	153	116	159	125	132	57 × 2,75
V 76	80	184	140	178	112	114	76 × 3
V 89	93	205	154	191	105	100	89 × 3,25

Werkstoff: Zinkblech 0,65 mm

Bezeichnung einer Dachverwahrung für Dachständerrohr von 76 mm Außendurchmesser:

Dachschutz D 76 DIN 48170

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

DK 621.315.654 Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr Februar 1941

Starkstrom-Freileitungen
Dachständer
Abdichtungen
Nennspannung unter 1 kV

Einspruchsfrist: 15. April 1941

Elektrotechnik

DIN Entwurf 1 48170 Blatt 5

Seite 4

Übersicht

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

DK 621.315.145 Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr Februar 1941

Starkstrom-Freileitungen

Leitungsseile

Nennspannung unter 1 kV

Einspruchsfrist: 15. April 1941

Elektrotechnik

DIN Entwurf 1 48180

Maße in mm

Bezeichnung für 19 drähtiges Leitungsseil von 50 mm² Querschnitt aus Aluminium:

Leitungsseil 19 drähtig 50 VDE 8201 Al

1	2	3	4	5	6	7
Querschnitt[1]) mm² Nennwert	Sollwert	Drähte nach DIN VDE 8200 Anzahl	Durchmesser		Seildurchmesser d Nennwert	Gewicht für den Nennwert[2]) kg/1000 m
25	24,2	7	2,1		6,3	von 63 bis 72
35	34	7	2,5		7,5	von 91 bis 101
50	48	19	1,8		9	von 127 bis 143
70	66	19	2,1		10,5	von 170 bis 195
95	93	19	2,5		12,5	von 245 bis 275

Die dünngedruckten Querschnitte sind vorzugsweise für Hausanschlüsse, die dickgedruckten vorzugsweise für Verteilungsleitungen anzuwenden

[1]) Diese Aluminium-Leitungsseile stellen für Starkstrom-Freileitungen mit Nennspannung unter 1 kV eine Auswahl aus DIN VDE 8201 dar

[2]) Die untere Grenze ist berechnet für Minus-Abweichung der Drähte und Schlaglänge vom 14 fachen Seildurchmesser, die obere Grenze für Plus-Abweichung der Drähte und Schlaglänge vom 11 fachen Seildurchmesser

Schlaglänge 11- bis 14 facher Seildurchmesser, Schlagrichtung bei den Mehlagenseilen lageweise abgewechselt, die äußere Lage muß rechtsgängig sein

Für Verwendung gilt VDE 0210 „Vorschriften für den Bau von Starkstrom-Freileitungen"

Werkstoff: Aluminium, gezogen, nach VDE 0202 „Vorschriften für Aluminium für Elektrotechnik" und DIN VDE 501

Einheitsgewicht: für Aluminium zu 2,7 kg/dm³ angenommen

Verband Deutscher Elektrotechniker E V.

VERSCHIEDENES

BEKANNTMACHUNGEN

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker (Eingetragener Verein)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus
Fernsprecher: 30 06 31 — Postscheckkonto: Berlin 213 12
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00
Postscheckkonto der ETZ-Verlag G. m. b. H.: Berlin 223 84

Freileitungen

Der Ausschuß für Freileitungen hat beschlossen, folgende Absätze aus

VDE 0210/XII.40 „Vorschriften für den Bau von Starkstromfreileitungen"

zu streichen:

§ 35 c) 7. Wenn Starkstromleitungen an Stützenisolatoren RM I befestigt werden, sind zur Vermeidung von Verwechslungen die Starkstromanlagen durch einen braunen Ring an den Isolatoren oder an den Isolatorstützen kenntlich zu machen.

§ 36 m) zweiter Absatz
Außerdem sind auch Isolatoren RM I nach den jeweils gültigen Dinnormen für Nennspannungen bis 0,5 kV zulässig. Zur Vermeidung von Verwechslungen sind die Starkstromanlagen durch einen braunen Ring am Isolator oder an der Isolatorstütze kenntlich zu machen.

Begründete Einsprüche sind bis zum 15. März 1941 an die Geschäftsstelle des VDE, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 zu richten.

Ortsnetze

Der Ausschuß für Ortsnetze hat folgende Normblatt-Entwürfe über Einzelteile bei Niederspannungs-Freileitungsnetzen fertiggestellt:

Starkstrom-Freileitungen

Nennspannung unter 1 kV

DIN 48150 Stützenisolatoren
„ 48050 Isolatorstützen, gerade
„ 48152 Zugisolatoren
„ 48154 Schäkelisolatoren mit Bügel
Bl. 1 Schäkelisolatoren
Bl. 2 Bügel
„ 48156 Isolier-Eier
„ 48160 Hauseinführungen
„ 48170 Dachständer
Bl. 1 Rohre
Bl. 2 Hauben
Bl. 3 Schellen
Bl. 4 Anker
Bl. 5 Abdichtung
„ 48180 Leitungsseile

Die Entwürfe sind in ETZ 62 (1941) H. 6, S. 131 bis 140 veröffentlicht. Auf den Einführungsaufsatz zu diesen Entwürfen (S. 109 dieses Heftes) wird hingewiesen.

Begründete Einsprüche sind bis zum 15. April 1941 bei der Geschäftsstelle einzureichen.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
Der Geschäftsführer
Viefhaus

Bezirk Berlin
vormals Elektrotechnischer Verein
(Gegründet 1879)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 I, VDE-Haus
Fernsprecher: 30 06 31

Jahresversammlung

am Mittwoch, dem 12. Februar 1941, 18^{00}, im Großen Hörsaal des Physikalischen Instituts der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Kurfürstenallee 20—22.

Tagesordnung:

1. Geschäftliche Mitteilungen
2. Jahresbericht
3. Wahl der Rechnungsprüfer für die Prüfung des Geschäftsjahres 1940
4. Vortrag des Herrn Reg.-Rat Dr. E. Justi, Berlin, über das Thema:
   „Elektrischer Leitungsmechanismus und Supraleitfähigkeit der Metalle"
   (mit Vorführung von einigen in Gemeinschaft mit Herrn Reg.-Rat Dr. Scheffers und Dr. Reinhart Schulze entwickelten Versuchen; vergl. auch W. Meißner, ETZ 60 (1939) S. 333).

Inhaltsangabe:

Die universelle Elektronengastheorie der Metalle.
Experimentelle Vorführung der anisotropen, größenordnungsmäßigen Widerstandsänderung von Metallen im Magnetfeld.
Übergang zu einer Typenlehre der metallischen Leitung.
Vorführung und Erläuterung der Supraleitfähigkeit und des elektrischen Dauerstromes.

Eintritt und Kleiderablage frei.

Fachversammlung

des Fachgebietes „Funktechnik und Verstärkertechnik"
Leiter: Professor Dr. phil. H. Faßbender VDE.

Vortrag

des Herrn Postrat Dipl.-Ing. E. Eisele, Berlin, am Dienstag, dem 11. Februar 1941, um 18^{00}, in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Hörsaal HG 25, über das Thema:

„Drahtfunkmeßtechnik"

Inhaltsangabe:

Die Aufgabenstellung der Drahtfunkmeßtechnik.
Selektives Messen der Drahtfunkträgerspannungen.
Messen des Modulationsgrades, des nichtlinearen Nebensprechens und der Fremdspannungsmodulation; Messungen an der durch Demodulation gewonnenen Niederfrequenz.
Bestimmung der hochfrequenten Leitungseigenschaften (Dämpfung, Eingangsscheinwiderstand und Wellenwiderstand).
Sondermessungen: Drahtfunkmeßwagen, Elektronenstrahloszillograph.

Eintritt und Kleiderablage frei.

Fachversammlung

des Fachgebietes „Leitungen und Leitungsnetze"
Leiter: Oberingenieur Dipl.-Ing. H. Calliess VDE.

Vortrag

des Herrn Dr.-Ing. F. Obenaus, Hermsdorf (Thür.), am Donnerstag, dem 20. Februar 1941, um 18^{00}, in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Hörsaal EB 301, über das Thema:

„Freileitungs-Hängeisolatoren und ihr Lichtbogenschutz"

Eintritt und Kleiderablage frei.

Arbeitsgemeinschaften (Technischer Nachwuchs)

Die Teilnahme ist frei. VDE-Mitgliedschaft ist nicht Bedingung.

Elektrotechnisches Rechnen. Leiter: Dr.-Ing. L. Mirow VDE.
10. Februar 1941, 18^{00}, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. „Übungen und Beispiele zur Laplacetransformation". Vortragender: E. Hameister VDE.

Installationstechnik. Leiter: Dipl.-Ing. R. Schamberger VDE.
11. Februar 1941, 18^{00}, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. „Selektivitätsfragen bei Überstromschutzgeräten". Vortragender: Dr.-Ing. H. Walther VDE.

Elektrotechnisches Rechnen. Leiter: Dr.-Ing. L. Mirow VDE.
12. Februar 1941, 18^{00}, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. „Nomogramme geradliniger Leitertafeln und Anwendungen im Gebiet der Technik". Vortragender: Physiker F. Macht.

Hochfrequenztechnik. Leiter: Dr.-Ing. F. W. Gundlach VDE.
13. Februar 1941, 18^{00}, im Hörsaal 141 der Technischen Hochschule zu Charlottenburg. Vortragsreihe: Trägerfrequenztechnik. „Filter der Trägerfrequenztechnik". Teil II. Einzelteile und praktische Ausführungen. Vortragender: K. Berner.

Hochspannungstechnik. Stellv. Leiter: Dipl.-Ing. Fr. Schultheiß VDE.
14. Februar 1941, 18^{00}, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. „Gesichtspunkte für die Erdung von Hochspannungsanlagen". Vortragender: Dipl.-Ing. Fr. Schultheiß VDE.

VDE Bezirk Berlin
vormals Elektrotechnischer Verein
Der Geschäftsführer
Burghoff

Sitzungskalender

VDE Bezirk Bergisch-Land, Wuppertal-Elberfeld. 11. 2. (Di) 19^{00}, Saal der Technik, Alexanderstr. 18: „Die elektrische Welle". Prof. Dr. Oertel VDE.

VDE Bezirk Danzig. 10. 2. (Mo) 20^{00}, T. H.: „Eigenschaften und Anwendung neuzeitlicher Selektivschutzeinrichtungen für vermaschte Freileitungs- und Kabelnetze" (m. Lichtb.). Obering. Thewalt.

VDE Bezirk Niederschlesien, Breslau. 11. 2. (Di) 20^{00}, T. H. Elektrotechn. Institut, „Elektrischer Antrieb von großen Kolbenverdichtern durch Asynchron- und Synchronmotoren". Prof. Dr.-Ing. E. Kübler VDE.

VDE Bezirk Nordbayern, Nürnberg. 6. 2. (Do) 20^{00}, Vortragssaal der Werke und Bahnen, Blumenstr. 16: „Stroboskop und Film in Physik und Technik" m. Vorführungen. Obering. Dr. Meyer, Berlin.

VDE Bezirk Nordsachsen, Arbeitsgemeinschaft techn. Nachwuchs, Leipzig. 12. 2. (Mi) 19^{15}, Grassimuseum: „Elektr. Messungen und elektr. Meßinstrumente", Leitung Direktor Dipl.-Ing. R. Schneider VDE. — 19. 2. (Mi) 19^{15}, Grassimuseum: Schallplattenaufnahmen großer Ereignisse" m. Vorführungen. Prof. Dr. Bangert VDE.

VDE Bezirk Oberschlesien, Kattowitz. 12. 2. (Mi) 20^{00}, Landesbücherei, Emmastraße: „Beleuchtung im Bergbau" Lichtbildervortrag m. Vorführungen. Dipl.-Ing. C. Saatmann DLTG, Berlin. Gemeinsam mit der DLTG Bezirksgruppe Schlesien.

VDE Bezirk Saarpfalz, Kaiserslautern. 13. 2. (Do) 19^{30}, Landesgewerbeanstalt: „Die Maßnahmen zum Schutze von Personen in Anlagen bis 1000 V und die Grenzen ihrer Anwendbarkeit", Obering. Dr. Koch.

VDE Bezirk Südbayern, München. 12. 2. (Mi) 19^{30}, Techn. Hochschule, Hörsaal 508: „Aluminium und Zink als Stromleiter" mit Lichtbildern. Dr. Müller-Hillebrandt VDE.

PERSÖNLICHES

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten)

E. Stehmann. — Am 28. 1. 1941 vollendete der Gründer und Mitarbeiter der Elektrotechnischen Metallwarenfabrik Storch und Stehmann GmbH., Ruhla i. Thür., Herr Fabrikant Edmund Stehmann VDE, sein 60. Lebensjahr. Nach Abschluß seiner Lehrzeit ging Stehmann zunächst einige Jahre in die Fremde. Seine Heimatliebe und sein ausgesprochener Drang nach Selbständigkeit ließen ihn dann im Dezember 1905 eine eigene Fabrik in Ruhla gründen, die sich hauptsächlich mit der Herstellung von elektrotechnischem Installationsmaterial sowie von Massenartikeln aus Metall und Isolierpreßstoff befaßt. Über seinen engeren Wirkungskreis hinaus, stellt Stehmann sein großes Können und seine reichen Erfahrungen auch in den Dienst der Allgemeinheit, so z. B. in der Vereinigung der Fassungsfabrikanten und im Unterausschuß Fassungen des Ausschusses für Installationsmaterial im VDE.



E. Stehmann

H. Mudrack. — Am 1. Februar beging Herr Heinz Mudrack VDE, Abteilungsleiter der Bergmann-Elektrizitätswerke AG., Berlin, sein 25jähriges Dienstjubiläum. Mudrack hat als Vorsitzender der Wirtschaftsstelle Elektrofahrzeuge für die Kriegswirtschaft wertvolle Vorarbeit geleistet.

R. Weinheimer. — Die Siemens-Ring-Stiftung hat dem Dipl.-Ing. Rudolf Weinheimer, Berlin-Charlottenburg, als Anerkennung für die mit vorzüglichem Erfolg bestandene Diplom-Hauptprüfung auf Vorschlag der T. H. Berlin ein Werner von Siemens-Bild verliehen.



BRIEFE AN DIE ETZ

(Der Abdruck eingehender Briefe erfolgt nach dem Ermessen der Wissenschaftlichen Leitung und ohne deren Verbindlichkeit)

DK 621.316.11.014.3 : 621.317.32

Bemerkungen zu meinem Aufsatz „Vorausbestimmung der Kurzschlußströme durch Spannungsmessungen im Netz" in ETZ 61 (1940) H. 40, S. 909.

Durch eine Zuschrift des Herrn Dr.-Ing. Gino Crivellari aus Neapel an die Schriftleitung der ETZ wurde ich darauf aufmerksam gemacht, daß in Italien bereits seit längerer Zeit ein ähnliches Verfahren zur Vorausbestimmung der Kurzschlußströme durch Spannungsmessungen im Netz im Gebrauch ist. Die von Herrn Crivellari im Jahre 1930 veröffentlichte sogenannte „halbexperimentelle Methode zur raschen Bestimmung der andauernden Kurzschlußstromstärken" (Elettrotecnica 25. März 1930 Band 17) benutzt die beim Schalten von rotierenden Phasenschiebern auftretenden Spannungs-Änderungen zur Kurzschlußermittlung. Für die Bestimmung von entfernteren Kurzschluß-Punkten wird mit in Tafeln festgelegten Widerstandswerten weitergerechnet. Die Messung der Spannungsänderung erfolgt hierbei mit normalen Schalttafel- oder Präzisions-Instrumenten sowie mittels Oszillographen. Nach den vorliegenden Berichten hat sich diese Methode in Italien sehr gut bewährt.

Bei den neuerdings in einem deutschen Netz durchgeführten Messungen wurde der in letzter Zeit stark zunehmende Einbau von Phasenschieber-Kondensatoren zur Kurzschlußbestimmung benutzt. Außerdem hat sich bei unseren Messungen auch der Spannungsabfall beim Schalten von ohmscher Last in Niederspannungsnetzen als brauchbares Kriterium für den Kurzschlußfall erwiesen. Als wichtiges Hilfsmittel ist bei unseren Messungen das neuentwickelte Voltmeter mit stark unterdrücktem Nullpunkt mit gutem Erfolg zum Einsatz gekommen.

Bochum, 27. 12. 1940 Hermann Roser VDE

DK 621.319.4 : 621.39

Bemerkungen zu meinem Aufsatz „Neuzeitliche Kondensatoren in der Nachrichtentechnik und ihre Entwicklung" in ETZ 61 (1940) S. 945.

Im Einvernehmen mit der Firma Hermsdorf-Schomburg-Isolatoren-Gesellschaft (Hescho) sei meinem Aufsatz folgendes nachgetragen:

Da die in Absatz 3b beschriebenen Keramik-Kondensatoren in erster Linie für Zwecke der Hochfrequenztechnik entwickelt sind, ist es zweckmäßig, hier die elektrischen Eigenschaften für 1 MHz zu betrachten. Da für Glimmerkondensatoren Bestwerte (S. 969) genannt worden sind (dagegen sind die Werte für Glimmerkondensatoren der Tafel 2, Seite 970, Mittelwerte), werden auch für Tempa S die erreichbaren Bestwerte angegeben. Unter diesem Gesichtspunkt sind Beständigkeit und Verlustfaktor von Tempa S wie folgt einzusetzen:

$$\frac{\Delta C}{C\,\Delta\vartheta} = +30\ldots+100\cdot10^{-6}/^\circ\mathrm{C};$$

$$\frac{\Delta C}{C\,\Delta t} \leqq 1\cdot10^{-5}/2\ \text{Jahre},$$

d. h. die zeitliche Konstanz ist dabei auf eine Beobachtungsdauer von 2 Jahren bezogen;

$$\operatorname{tg}\delta\ (1\ \mathrm{MHz}) \leqq 0{,}1\cdot10^{-3}.$$

Wie der Hersteller mitteilt, ist es bei dichter Ausführung durch etwas größeren Aufwand ohne weiteres möglich, für entsprechende Anforderungen die Frequenzabhängigkeit des Verlustfaktors praktisch zu beseitigen, so daß auch für Niederfrequenz Verlustfaktoren $< 0{,}4\cdot10^{-3}$ erreicht werden.

Weiterhin legt Hescho besonderen Wert auf den Hinweis, daß es bis heute nur mit keramischen Kondensatoren möglich ist, Kapazitäten mit beliebigem Temperaturkoeffizienten (TK) zwischen $+120$ und $-700\cdot10^{-6}/^\circ$C herzustellen. Dabei wird durch geeignete Parallel- oder Serienschaltung zweier Werkstoffe mit beliebigem TK ein gewünschter TK mit Genauigkeiten bis zu $\pm 10\cdot10^{-6}/^\circ$C erreicht. Für die Frequenzabhängigkeit des TK gilt sinngemäß das gleiche wie für die Frequenzabhängigkeit des Verlustfaktors.

Berlin, 10. 1. 1941 L. Linder VDE

BUCHBESPRECHUNGEN

DK 621.3 (091)

Die Entwicklung der Starkstromtechnik in Deutschland. Im Auftr. des VDE von G. Dettmar. I. Band bis 1890. Mit 350 Textb. u. 333 S. im Format 146×222 mm. ETZ-Verlag GmbH., Berlin 1940. Preis Ganzl. geb. 12 RM, für VDE-Mitgl. 8 RM.

Das Schrifttum über konstruktive und geschichtliche Entwicklung der Technik ist bekanntlich außerordentlich spärlich. Jeder technische Fortschritt wird zwar im allgemeinen zuerst bewundert, aber schon nach kurzer Zeit als etwas Gegebenes, Selbstverständliches angesehen und beansprucht, und vergessen sind bald die Männer, denen diese Leistungen zu verdanken sind. Nur die allerwenigsten Menschen machen sich klar, welche große Kunst, schwierige Arbeit, zähe Ausdauer, Opfer an Zeit, Geld und Gesundheit dazu gehören, eine erfinderische Idee erfolgreich auszuführen.

War es nun schon lange der Wunsch eines jeden Fachgenossen eine Geschichte der Elektrotechnik zu besitzen, so blieben alle Versuche diesen Wunsch zu erfüllen, bislang auf kleine Teilgebiete beschränkt und waren dann auch häufig nur unzureichend.

Daher wird es jeder freudig begrüßen und dem Verfasser dankbar sein dafür, daß er es im Auftrage des VDE unternommen hat, die „Entwicklung der Starkstromtechnik in Deutschland" in einem Werk zu schildern, das in 3 Bänden erscheinen soll.

Denn für diese mühe- und verantwortungsvolle Arbeit konnte keine geeignetere Persönlichkeit gefunden werden als der Verfasser, der einen großen Teil der Entwicklung persönlich miterlebte und daran schöpferisch beteiligt war, und der durch seine Tätigkeit als Konstrukteur, als Generalsekretär des VDE und als Hochschullehrer und Forscher den unparteilichen Standpunkt in seinen Beziehungen zu allen technischen Kreisen und die nötige Liebe und Begeisterung zur Bewältigung des Stoffes und zur Lösung der Aufgabe mitgebracht hat.

In dem vorliegenden 1. Band des Werkes schildert der Verfasser die Entwicklung der Starkstromtechnik in Deutschland bis zum Jahre 1890 einschließlich, also die Zeit, in der die eigentlichen Grundlagen für das schnelle Aufblühen der Elektrotechnik entstanden.

Ausgehend von den Elementen und Akkumulatoren, den ersten elektrischen Stromerzeugern, führt uns der Verfasser in die ungemein aufschlußreiche Entstehungsgeschichte der elektrischen Maschinen ein. Wir verfolgen ihre Entwicklung vom Versuchs-Apparat, der durch verschiedene Anker-Konstruktionen verbessert wurde, über die Entdeckung des Dynamo-Prinzips zu den Gleichstrom-, Wechselstrom- und Drehstrom-Generatoren und Motoren. Wir lernen die ersten Anwendungen kennen zu Beleuchtungsanlagen und elektromotorischen Antrieben, von Arbeits-Werkzeugmaschinen und elektrischen Bahnen und auf anderen Gebieten, bekommen einen Einblick in die Arbeit der Männer, die sich um das Meßwesen und die Festlegung der Maßeinheiten verdient gemacht haben. Wir erfahren von der Errichtung der ersten Lehrstühle an den Hochschulen, von dem Zeitschriften-Wesen, der Gründung der elektrotechnischen Vereine, des Verbandes und seiner Arbeit auf dem Gebiete der Sicherheits-Vorschriften. Alles hat der Verfasser in den 27 Abschnitten des Buches berücksichtigt, sogar der Humor ist zu seinem Recht gekommen.

Aus einer Fülle von in Büchern, Zeitschriften, Patent- und Firmen-Schriften verstreuten Angaben und Urkunden, die am Schluß des Buches aufgeführt sind, hat der Verfasser mit Sorgfalt und großem Geschick ein Werk geschaffen, das bei dem Vorzug geringen Umfanges und damit billigen Preises, doch einen lückenlosen Überblick über alle wichtigen Begebenheiten bietet, die inneren Zusammenhänge klarlegt und Einblick in Erfinder-Schicksale gibt.

Es ist ein Genuß das Buch zu lesen, das mit vielen trefflichen Abbildungen versehen, gut ausgestattet, übersichtlich angeordnet und im leicht verständlichen Stil flüssig geschrieben ist, und darum wird es allen Fachgenossen willkommen sein, dem älteren als Freund, der ihm plaudernd Selbsterlebtes in der Erinnerung wachruft, dem jüngeren als erfahrener Lehrmeister, der ihn durch Beispiel anspornt und ihm Wege zu neuen Arbeiten weist. Auch dem Laien wird es nützlich sein, ihm eine Vorstellung zu geben von den Leistungen der Männer, die die Elektrotechnik aufgebaut haben.

Alles in allem, wir beglückwünschen den Verfasser und den VDE zur Herausgabe des wohlgelungenen Buches.

Rudolf Franke VDE



DK 621.39

Mitteilungen aus der Forschungsanstalt der Deutschen Reichspost. Bd. 5, mit den Arbeiten vom 1. 7. 1939 bis 1. 6. 1940. Mit zahlr. B. u. 163 S. im Format 210 × 297 mm. Alleinvertrieb durch Forschungsanstalt der Deutschen Reichspost, Berlin-Tempelhof 1940. Preis kart. 2,10 RM.

Der Band 5 der Mitteilungen aus der Forschungsanstalt der Deutschen Reichspost enthält im Anschluß an ein einführendes Vorwort des Präsidenten F. Gladenbeck über die Zusammenarbeit aller an der Fernsehentwicklung beteiligten Stellen, die zur Schaffung eines preiswerten und dabei technisch hochwertigen Fernsehempfängers führte, zwei Beiträge von J. G. Weiß, die die Technik dieses Empfängers erläutern und seine Preiswürdigkeit im Vergleich zu ausländischen Geräten darlegen. Ein Aufsatz von B. Beckmann berichtet nach dem jetzigen Stand der Untersuchungen über den Zusammenhang von Funkstörungen mit der Eruptionstätigkeit der Sonne, die als Ursache für den als Dellinger-Effekt bekannten schnellen Schwund und für einige andere charakteristische Kurzwellen-Störungen angesehen wird. G. Michaelis beschreibt eine Hochvakuumpumpanordnung, die sich durch einige automatische Einrichtungen praktisch bewährt hat. H. Salow berichtet ausführlich über das physikalisch interessante Gebiet der Sekundäremission von Isolatoren. Es wird gezeigt, daß die Sekundäremissions-Charakteristiken von Isolatoren denen der Metalle ähnlich sind. Ferner wird ein interessantes Verfahren für die Messung des Sekundäremissions-Faktors angegeben. Einen weiteren Beitrag zu dieser Frage liefern W. Heimann und K. Geyer, die den von einem impulsgesteuerten Primärstrom erzeugten Sekundäremissionsimpuls zur Bestimmung des S. E.-Faktors benutzen und die für diese Messungen entwickelte Versuchsanordnung beschreiben. G. Krawinkel und H. Bödeker berichten über die Technik der elektrischen Bildspeicherung, insbesondere über die für den Zweirohr-Speicher entwickelten elektrischen Umschalter für Bildaufzeichnung, Bildraster und Bildabtastung. Kippschaltungen zur Frequenzteilung und Impulserzeugung behandelt H. Bödeker in einer Veröffentlichung, in der Anordnungen mit Vier-, Fünf- und Sechspolröhren beschrieben werden. In einem Aufsatz von F. Vilbig werden die in der Regeltechnik angewendeten Schaltungen mit Blindwiderstands-Rückkopplung, die zur Erzeugung von Blindwiderständen mit negativer induktiver oder kapazitiver Widerstands-Charakteristik dienen, mathematisch ausführlich behandelt. Den Inhalt eines Vortrages vor dem VDE enthält ein Beitrag von H. Gerwig und F. Vilbig über die besonders für Großsender bedeutsame Frage des Wirkungsgrades und des Klirrfaktors bei den verschiedenen Modulationsverfahren. W. Reusse und N. Ripper geben eine Übersicht über unsere Kenntnisse des Einflusses der Raumladung auf einen fokussierten Kathodenstrahl. Mit Hilfe eines weiterentwickelten, früher veröffentlichten Meßverfahrens ergab sich, daß Raumladungseinflüsse bis herab zu Stromwerten von $4 \cdot 10^{-9}$ A vorhanden sind und daß die Verkleinerung einer elektronenbestrahlten Lochblende nicht zu einer entsprechenden Verkleinerung des Strahldurchmessers führt. Die Fernsehbildgeber- und Studiotechnik wird von J. G. Weiß ausführlich mit den vielen technisch interessanten Einzelheiten der Schaltungen aller zwischen Aufnahmekamera und Sender erforderlichen Apparaturen behandelt. Zahlreiche Bilder und eine umfangreiche Quellenangabe vervollständigen diesen wertvollen und instruktiven Beitrag. Den Schluß bildet ein Aufsatz von W. Heimann über die Entwicklung der elektronischen Bildzerlegerröhren von der Farnsworth-Röhre mit Elektronenpendel- oder Reihenvervielfachern über die Bildspeicherröhren zu den Bildwandler-Bildspeicherröhren, deren Entwicklung wegen ihrer guten Empfindlichkeit besonders gefördert wurde, und der neuesten Ausführung der Bildwandler-Bildspeicherröhre mit Elektronenvervielfacher. Insgesamt vermittelt die Arbeit einen Überblick über den technischen Fortschritt auf diesem für die heutige Fernsehtechnik mit den hohen Bildpunktzahlen so wichtigen Gebiet. G. Brauer

DK 51 : 621.3.001.1

Lehrbuch der Elektrotechnik. Von Prof. Dr.-Ing. G. Oberdorfer. Bd. 2: Rechenverfahren und allgemeine Theorien der Elektrotechnik. Mit 123 B., 6 Taf. und 359 S. im Format 176 × 250 mm. Verlag von R. Oldenbourg, München u. Berlin 1940. Preis geb. 18,50 RM.

Die „Mathematik des Elektrotechnikers", die von Oberdorfer für den in der Praxis stehenden Elektrotechniker geschrieben wurde, soll kein Mathematiklehrbuch sein. Sie soll vielmehr das, was der Starkstromtechniker und der Fernmeldetechniker brauchen, in einer ihm verständlichen Sprache darstellen, ohne dabei zu weit auf Sonderfragen einzugehen. Deshalb wurde zu Gunsten einer leicht faßlichen Darstellung von manchen exakten Beweisführungen abgesehen. Ein erster Teil bringt auf einem Umfang von etwa 180 Seiten vielfach nur ergebnisweise gewisse mathematische Grundlagen in einer von der Elektrotechnik losgelösten Form, u. a.: Erklärung des Determinantenbegriffs, Partialbruchzerlegung einer rationalen Funktion, Differentiations- und Integrationsregeln, Potenzreihen im Reellen, einige elementare „klassische" Methoden zur Integration von gewöhnlichen und partiellen Differentialgleichungen, Orthogonal-Trajektorien, Laplace-Operator in Zylinder- und Kugelkoordinaten, Elemente der Theorie einer komplexen Veränderlichen bis zum Residuensatz, Definition und Grundeigenschaften der Γ-Funktion, der Besselschen Funktionen und der Laplace-Transformation, Vektoralgebra und -analysis, Funktionsleitern und Fluchtlinientafeln. Ein zweiter Teil behandelt „mit der Elektrotechnik in bevorzugtem Maße zusammenhängende Rechenverfahren", u. a.: Darstellung von Wechselstromgrößen durch Vektoren, Ortskurventheorie, symmetrische Komponentenrechnung, Fourier-Reihen, eine von G. Kron beeinflußte Darstellung der Anwendung von Matrizen auf Netzwerke, funktionentheoretische Betrachtungen zur Heavisideschen Entwicklungsformel, Behandlung der Laplace-Transformation im Anschluß an H. W. Droste. Es folgen etwa 160 Seiten umfassende Ausführungen über Zweipole, Vierpole und Kettenleiter, die Verwandschaft mit der Feldtkellerschen Einführung in die Vierpoltheorie aufweisen, aber auch den Bedürfnissen des Starkstromtechnikers Rechnung tragen. Außer einem Abriß der Wagnerschen Siebkettentheorie werden Fragen der Frequenzabhängigkeit nicht behandelt. Ein kurzer Schlußabschnitt ist der Anwendung der konformen Abbildung auf die Elektrostatik gewidmet. Das Buch schließt mit kurvenmäßigen Darstellungen der behandelten Funktionen.

Die wenigen Schrifttumshinweise beschränken sich im allgemeinen auf solche Schriften, die für den Durchschnittsingenieur besonders leicht verständlich sind. Er sei aber vor einigen Ausnahmen gewarnt, so Osgood, Funktionentheorie und Doetsch, Laplace-Transformation. Sehr zu begrüßen wäre es, wenn der Verfasser in einer zweiten Auflage den nur Verwirrung anrichtenden Abschnitt über Operatorenrechnung fortlassen und einige kleinere Irrtümer wie die Gleichung (11) S. 137 und die Behauptung, daß jede stetige Funktion durch eine Fourier-Reihe darstellbar sei, beseitigen würde.

Den Bedürfnissen des in der Praxis stehenden Ingenieurs, dem mehr an einer leicht faßlichen Erklärung von Rechenverfahren als an einer strengen Beweisführung oder begrifflich in jeder Hinsicht einwandfreien Formulierung gelegen ist, kommt das Buch weitgehend entgegen und wird bei dem pädagogischen Geschick des Verfassers seinen Zweck vollkommen erfüllen. W. Cauer VDE

DK 621.317.39

Elektrische Messung mechanischer Größen. Von Dr.-Ing. M. Pflier. Mit 296 B., V und 221 S. im Format 150 × 230 mm. Verlag von Julius Springer, Berlin 1940. Preis geb. 24,60 RM, geh. 22.80 RM.

In dem vorliegenden Buch gibt der Verfasser einen erschöpfenden Überblick über den neuesten Entwicklungsstand der elektrischen Meßverfahren für die Messung der fünf mechanischen Hauptgrößen Weg, Zeit, Kraft, Geschwindigkeit und Beschleunigung. Zu Beginn wird mit Recht darauf hingewiesen, daß die ständig zunehmende Verwendung elektrischer Meßverfahren für die verschiedensten Gebiete der Meßtechnik ihre Ursache in einigen sehr wesentlichen Vorteilen hat, die diese elektrischen gegenüber anderen Meßverfahren haben. So kann man bei ihnen z. B. die Meßergebnisse auf größere Entfernungen übertragen, sie dabei im Bedarfsfalle mit den Ergebnissen von anderen Meßstellen in einer Meßzentrale vereinigen, zur Aufzeichnung der Ergebnisse verschiedener Meßstellen ein einziges Anzeigegerät benutzen, Meßvorgänge integrieren und zählen. Weiterhin läßt sich mit Hilfe der elektrischen Meßverfahren der Verlauf von Arbeitsvorgängen regelnd beeinflussen, d. h. nach vorher festgelegten Richtlinien steuern. Ebenso können schnell veränderliche Vorgänge in ihrem ganzen Ablauf gemessen werden. Dazu treten noch äußere Vorzüge, wie geringe Baugröße, saubere und leichte Handhabung, geringe Wartung, einfaches Ablesen und Auswerten.

In zwei Abschnitten, die rd. ein Drittel des gesamten Buchumfanges ausmachen, werden die theoretischen (physikalischen) Grundlagen für die elektrischen Meßverfahren sehr ausführlich behandelt.

Als Anwendungsbeispiele für die elektrischen Verfahren zur Messung des Weges bringt der Verfasser Stellungsanzeigegeräte

elektrische Mikrometer, Dickenmesser für Drähte, Bänder und Rohre sowie Geräte zur Messung von Auftragsschichten (galvanische Überzüge oder dgl.). Dieses Anwendungsgebiet für die elektrischen Meßverfahren ist von besonderer Bedeutung für die neuzeitliche Fertigungstechnik, die im Zeichen der Massenherstellung und des Austauschbaues steht. Zur Bewältigung der hierbei anfallenden Meßarbeiten sind selbsttätige Meßeinrichtungen in Form von Sortiermaschinen und dgl. erforderlich, bei denen sich das meßtechnische Problem am besten, wenn nicht sogar teilweise ausschließlich, auf elektrischem Wege lösen läßt. Dem Ingenieur, der sich mit diesem wichtigen Teilgebiet moderner Meßtechnik zu beschäftigen hat, wird dieser Abschnitt des Buches besonders wertvoll sein.

Als Verfahren und Geräte zur Messung der Kraft werden, Dehnungsmesser zur Bestimmung der Zug-Druckspannung an der Oberfläche von Werkstoffen, ferner Drehmomentenmesser, Druckmeßdosen (auf den verschiedensten physikalischen Erscheinungsformen aufbauend), Schnittkraftmesser usw. eingehend beschrieben.

Der Abschnitt über die Messung der Geschwindigkeit enthält Geräte für Drehzahlmessungen, Schlupfmessungen, Messungen von Fahrzeuggeschwindigkeiten, Schnittgeschwindigkeiten bei Werkzeugmaschinen, Geschwindigkeiten von Geschossen usw. An Meßgeräten für das Gebiet der Messung von Beschleunigungen, Schwingungen und Erschütterungen werden Drehbeschleunigungs- und Schwingungsmesser behandelt. Für das Gebiet der Zeitmessung sind Synchronuhren, verschiedene Arten von Zeitregistriergeräten, Kurzzeitmesser und Zeitwaagen aufgeführt.

Das Buch zeigt, daß auf dem weiten Gebiet der Meßtechnik sehr viele Meßprobleme auf elektrischem Wege gelöst werden können, wobei die Messungen z. T. noch besser und in kürzerer Zeit durchführbar sind, als z. B. auf mechanische Weise, d. h., daß die elektrischen Meßverfahren aus der modernen Meßtechnik nicht mehr wegzudenken sind. Jeder, der auf dem Gebiet der Meßtechnik erfolgreich arbeiten will, muß also auch mit den elektrischen Meßverfahren vertraut sein. Das Verdienst des Verfassers ist es, die wichtigsten dieser Meßverfahren nach Sachgebieten geordnet und dem neuesten Entwicklungsstand entsprechend zu dem vorliegenden Buch zusammengefaßt und so ein wertvolles Nachschlagewerk geschaffen zu haben.

Gute Bilder und Schnittzeichnungen der behandelten Geräte sowie übersichtliche Schaltskizzen und Diagramme tragen dazu bei, den Wert des Buches zu erhöhen. Ein sehr reichhaltiger Schrifttumsnachweis dient demjenigen, der sich eingehender mit den in dem Buch behandelten Fragen und Anwendungsbeispielen beschäftigen will, als wertvolle Quellenangabe. So wird das vorliegende Buch zu einem vorzüglichen Hilfsmittel sowohl für den Mann der Praxis wie für den Studierenden. Ersterem ist es als Handbuch ein Wegweiser zur Lösung der in seinem Arbeitsgebiet anfallenden meßtechnischen Probleme, letzterem bietet es infolge seiner leicht verständlichen und übersichtlichen Darstellungsweise eine gute Möglichkeit, sich in dieses interessante Gebiet der Meßtechnik einzuarbeiten. K. Meyer

DK 51

Höhere Mathematik für den Praktiker. An Stelle einer 6. Aufl. d. Lehrbuchs der Differential- und Integralrechnung von H. A. Lorentz, neu bearb. v. Prof. Dr. G. Joos und Prof. Dr. Th. Kaluza. 2. verbess. Aufl. Mit 85 B., V u. 368 S. im Format 152 × 232 mm. Verlag von Johann Ambrosius Barth, Leipzig 1940. Preis geh. 23 RM, geb. 24,50 RM.

Das rasche Erscheinen der zweiten Auflage beweist, daß die Neubearbeitung des Lehrbuchs der Differential- und Integralrechnung von H. A. Lorentz ein voller Erfolg war und den Wünschen der Ingenieure und Physiker voll entsprochen hat. Der Besprecher hat selbst das Buch als Begleiter in seinem Soldatengepäck und mit großem Genuß es so benutzt, wie es im Vorwort auch gesagt ist, nämlich die einzelnen Abschnitte getrennt durchgearbeitet. Dabei hat er die Beispiele besonders angenehm empfunden.

Die Änderungen in der neuen Auflage sind sehr zu begrüßen. Sie bestehen in erweiterter Behandlung der Hyperbelfunktionen der Erläuterung der Zylinderfunktionen 2. Art. Für den r der ersten Auflage sind sie bequem nachzutragen. wird in der sicher nicht fernen 3. Auflage der ebenfalls schnitt „Einfache analytische Ausdrücke für häufig e Kurven" noch eine Erweiterung erfahren t auf die Gefahr hin, daß noch einige reine Mathe- in Verkennung der Aufgabe und Bedeutung des siker und Ingenieure zu einer erneuten schroffen men werden.

Möchte jeder Praktiker aus dem raschen Verbrauch der ersten Auflage den Schluß ziehen, wie er ihm auf andere Weise gar nicht zwingender nahegebracht werden kann, daß er in dem vorliegenden Buch ein wichtiges und bequemes Hilfsmittel für seine Arbeiten dargeboten erhielt. Harald Müller VDE

DK 061.4 : 621

Der Start in Leipzig. Die Bedeutung der Großen Technischen Messe und Baumesse Leipzig für die Fortschritte in Technik und Industrie. Herausgeg. v. Leipziger Meßamt. Mit zahlr. B. u. 260 S. im Format 148 × 210 mm. Preis angefr.

Die Elektrotechniker der jüngeren Generation werden es heute als selbstverständlich erachten, wenn die Elektroindustrie zum Frühjahr in Leipzig ausstellt. Und doch ist es erst rd. 20 Jahre her, im Jahre 1920, als zum erstenmal mehrere Firmen der Elektroindustrie geschlossen ihre Erzeugnisse zur Frühjahrsmesse in Leipzig zeigten. Der Erfolg war so groß, daß schon im Jahre 1921 der Verein „Haus der Elektrotechnik E. V." gegründet und im Jahre 1923 auf dem Messegelände auf eigene Kosten ein gemeinschaftliches Messehaus, das „Haus der Elektrotechnik" erstellt wurde.

Das vorliegende Buch behandelt den Werdegang der Großen Technischen Messe im Zusammenhang mit den ‚Fortschritten der Technik. Diese interessanten Darstellungen zeugen zugleich von der Leistungsfähigkeit deutscher Technik und der Fähigkeit des deutschen Ingenieurs, der rastlos, mit neuen Gedanken beseelt, der deutschen Industrie die führende Stellung im Wettkampf der Nationen sicherte. Das von einer hohen Warte aus geschriebene Buch kann auch dem Elektrotechniker empfohlen werden, obwohl sein Industriezweig leider etwas kurz gekommen ist. H. Hasse VDE

EINGÄNGE

(Ausführliche Besprechung vorbehalten)

Hilfsbuch für Elektropraktiker. Begründet von H. Wietz und C. Erfurth. Neubearb. v. H. Krieger, F. Hahn, E. Schwandt und H. Bornemann. 31. verm. u. verbess. Aufl. Teil I: Fernmeldetechnik. Mit 237 B. u. 335 S. im Format 100 × 157 mm. Verlag von Hachmeister & Thal, Leipzig 1940. Preis geb. 4 RM.

[In dem Buch wird alles behandelt, was der Fernmeldepraktiker an beruflichem Wissen braucht und was darüber hinaus von allgemeinem technischen Interesse für ihn ist: Grundgesetze und Grundbegriffe, Stromquellen, Schaltelemente, Signal- und Alarmanlagen, Telegraphen, Fernüberwachungsanlagen und Fernsprechanlagen. Ein Abschnitt über Leitungen und Leitungsverlegung sowie ein weiterer über die Rundfunkempfangstechnik mit Hinweisen auf die Instandsetzung von Empfängern und auf die Rundfunkentstörung bilden nebst Tafelanhang den Abschluß. Reichhaltiger Inhalt und klare Gedankenführung auf knappstem Raum kennzeichnen das Buch als ein Hilfsbuch im wahrsten Sinne des Wortes.] Rtg.

Berichtigung

In dem Bericht „Die Elektrotechnik in der amerikanischen Kriegsmarine" in Heft 3 der ETZ 62 (1941) Seite 55, muß es in der 12. Zeile der rechten Spalte von unten richtig heißen: „Belastungsfähig" sind die Generatoren mit 125% der Nennlast während 2 h und mit 150% 5 min lang usw.

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Direktor F. Hering VDE, Ludwigshafen a. Rh., Schießhausstr. 32
Obering. Dr.-Ing. G. Lehmann VDE, Dresden-A., Zeunerstr. 79
Dr.-Ing. N. Lieber VDE, Berlin-Halensee, Johann-Sigismund-Str. 16
Obering. Reg.-Baumeister J. Nefzger VDE, Radebeul 2, Königstr. 13
Obering. Dr.-Ing. P. Perlick VDE, Saarbrücken, Langemarckstr. 19

Abschluß des Heftes: 31. Januar 1941

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE (z. Z. im Felde)
G. H. Winkler VDE (z. Z. im Felde)
H. Hasse VDE und R. Henrichs VDE

Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

62. Jahrgang | Berlin, 13. Februar 1941 | Heft 7

Widerstandsquotienten zur Darstellung der Leistungsverteilung bei Ringleitungen

Von **Wolf Rojahn** VDE, Berlin

DK 621.316.2.001.24

Übersicht. Wie man aus den Widerständen einer n-teiligen Ringleitung die sogenannten Widerstandsquotienten berechnet, mit deren Hilfe die Leistungsverteilung bei zahlreichen verschiedenen Belastungsfällen mit und ohne Regeltransformator übersichtlich dargestellt wird, wird abgeleitet. Die durch Vernachlässigungen entstehenden Fehler werden angegeben.

Da bei verzweigten Hochspannungsleitungen vielfach die Gefahr besteht, daß mehrere angeschlossene Umspannwerke spannungslos werden, wenn eine der Leitungen infolge einer Störung abgeschaltet werden muß, verwendet man gern Ringleitungen, bei denen alle Stromabnehmer auch nach Ausfall eines Leitungsabschnittes weiter beliefert werden können. Die genaue Berechnung der von den einzelnen Hochspannungsleitungen übertragenen Leistung ist bei Ringleitungen viel mühsamer als bei verzweigten und von nur einem Kraftwerk gespeisten Leitungen, weil man bei der Ermittlung der Leistungsverteilung bei Ringleitungen berücksichtigen muß, daß die Ströme in den einzelnen Leitungsabschnitten Spannungsabfälle erzeugen, deren Summe Null ist. Da häufig die Aufgabe vorliegt, festzustellen, bei welchen Belastungsfällen einzelne Leitungen eines Ringes überlastet oder zulässige Grenzen bei der Spannungshaltung überschritten werden, oder ein geeigneter Regeltransformator berechnet werden soll, mit dessen Hilfe man die Übertragungsfähigkeit einer Ringleitung erhöhen oder auch den Leistungsfluß auf einzelnen Ringabschnitten nach vertraglicher Vereinbarung regeln kann, wird im folgenden ein einfaches Verfahren zur Ermittlung der Leistungsverteilung bei einer Ringleitung angegeben.

1. Berechnung und Darstellung eines Beispiels

In Bild 1 ist eine dreiteilige 60 kV-Ringleitung dargestellt. Von den Umspannwerken A, B und C sind nur die 60 kV-Sammelschienen gezeichnet, an welche die Hochspannungsleitungen des Ringes angeschlossen sind. Die zu- und abfließenden Wirkleistungen N_w und Blindleistungen N_b sind durch Pfeile angedeutet. Die Berechnung und Darstellung beschränkt sich auf den Fall, daß in B die Wirkleistung N_{w_B} abgenommen wird und auf der Leitung *1* die Wirkleistung N_{w_1} von A nach B fließt. Werden in B die Blindleistung N_{b_B} und in C die Leistungen N_{w_C} und N_{b_C} nicht abgenommen, sondern eingespeist, dann erhalten sie ein negatives Vorzeichen. Die 60 kV-Leitungen des Ringes haben je Phase folgende ohmschen und induktiven Widerstände:

Leitung *1* von A nach B: $r_1 = 3\,\Omega$, $x_1 = 3\,\Omega$;
Leitung *2* von B nach C: $r_2 = 3\,\Omega$, $x_2 = 4\,\Omega$;
Leitung *3* von C nach A: $r_3 = 1\,\Omega$, $x_3 = 2\,\Omega$.

Durch die Kapazität des 20 km langen Kabels von A nach B wird zusätzlich zu den in Bild 1 angedeuteten Leistungen eine weitere Blindleistung N_{b_K} von 3 BMW sowohl in A als auch in B, also zusammen 6 BMW zugespeist. Die Kapazität der Freileitungen *2* und *3* kann vernachlässigt werden. Die maximale Scheinleistung N_{1m}, die von der Leitung *1* übertragen werden kann, beträgt 25 MVA.

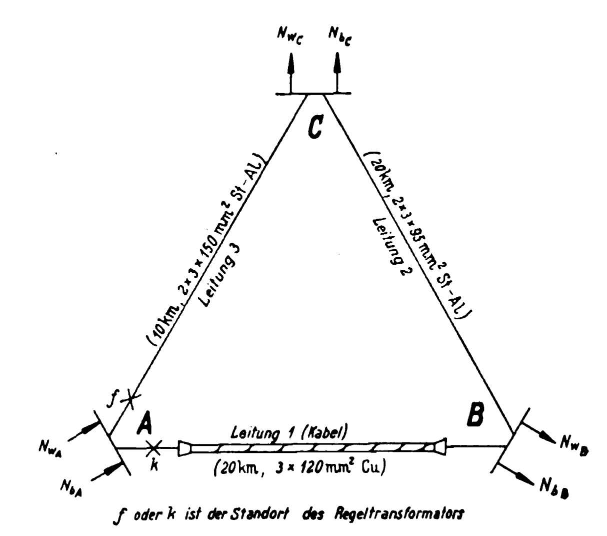


Bild 1. Dreiteilige Ringleitung.

a. Leistungsverteilung bei einer dreiteiligen Ringleitung ohne Verluste

In Bild 2 ist die Leistungsverteilung der in Bild 1 gezeichneten Ringleitung für zahlreiche verschiedene Belastungsfälle dargestellt. Die Leistungsverluste auf den Leitungsabschnitten werden zunächst vernachlässigt. Sucht man nun beispielsweise die Leistungsverteilung, wenn in B 22 MW und 20 BMW und in C 20 MW und 12 BMW abgenommen werden, dann geht man wie folgt vor: Man sucht zuerst den Punkt, welcher der Abnahme in C entspricht, d. h. den Schnittpunkt der Geraden 20 MW mit der Geraden 0,6 (12/20 = 0,6). Von diesem Schnittpunkt aus trägt man entsprechend den in Bild 2 unten und links angegebenen Maßstäben die in B abgenommenen Leistungen ab. Von der in B abgenommenen Blindleistung N_{b_B} von 20 BMW muß die durch die Kapazität des Kabels in B zusätzlich zugespeiste Blindleistung N_{b_K} von 3 BMW abgezogen werden, da nur 17 BMW über die Leitungen *1* und *2* nach B transportiert werden müssen. Diese 17 BMW

trägt man in dem Maßstab für die in B abgenommene Blindleistung von dem Punkt für die Abnahme in C waagerecht nach rechts ab. Von dem Endpunkt dieser in Bild 2 punktiert gezeichneten Linie trägt man die in B abgenommene Wirkleistung von 22 MW entsprechend dem angegebenen Maßstab senkrecht nach oben ab. Diese auch punktiert gezeichnete Linie endet bei dem Schnittpunkt des Kreises 22 MVA mit der Geraden 0,6, der die von der Leitung *1* übertragene Leistung angibt. Die Leitung *1* überträgt also nach B $N_{w_1} = \frac{22}{\sqrt{1 + 0{,}6^2}}$ MW = 18,8 MW und $N_{b_1} = 18{,}8 \cdot 0{,}6$ BMW = 11,3 BMW. Da in B 22 MW und 17 BMW abgenommen werden, überträgt die Leitung *2* von C nach B die fehlenden Leistungen von (22 — 18,8) MW = 3,2 MW = N_{w_2} und (17 — 11,3) BMW = 5,7 BMW = N_{b_2}. In C werden $N_{w_C} = 20$ MW und $N_{b_C} = 12$ BMW abgenommen, so daß von A nach C (20 + 3,2) MW = 23,2 MW = N_{w_3} und (12 + 5,7) BMW = 17,7 BMW = N_{b_3} transportiert werden. In A werden die über die Leitungen *1* und *3* abfließenden Leistungen eingespeist, also $N_{w_1} + N_{w_3} = N_{w_A} = 42$ MW und $N_{b_1} + N_{b_3} = 29$ BMW. Von der in A eingespeisten Blindleistung liefert die Kapazität des Kabels 3 BMW, so daß der Sammelschiene in A nur (29 — 3) BMW = 26 BMW = N_{b_A} zugespeist werden müssen. Damit ist die gesuchte Leistungsverteilung gefunden, die in gleicher Weise für zahlreiche andere Belastungsfälle aus Bild 2 ermittelt werden kann.

Um Bild 2 zeichnen zu können, muß man die beiden Winkel α und β, den Radius ϱ und den Abstand p kennen, deren Berechnung in allgemeiner Form im folgenden zweiten Abschnitt näher erläutert ist. Bei unserem Beispiel nach Bild 1 führt man folgende Rechnung durch. Man bildet zunächst die Summenwiderstände:

$$\left.\begin{aligned} R &= r_1 + r_2 + r_3 = 7\,\Omega, \quad X = x_1 + x_2 + x_3 = 9\,\Omega, \\ R_1 &= \quad\;\; r_2 + r_3 = 4\,\Omega, \quad X_1 = \quad\;\; x_2 + x_3 = 6\,\Omega, \end{aligned}\right\} \tag{1}$$

die man in die Formeln für $\operatorname{tg}\alpha$, $\operatorname{tg}\beta$, ϱ und p einsetzt, und erhält:

$$\varrho = N_{1m}\sqrt{\frac{R^2 + X^2}{R_1^2 + X_1^2}} = 39{,}5\ \text{MVA}; \tag{2}$$

$$p = \frac{\sqrt{(r_3 R_1 + x_3 X_1)^2 + (r_3 X_1 - x_3 R_1)^2}}{R_1^2 + X_1^2} \cdot 10 = 3{,}1\ \text{MW}; \tag{3}$$

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{R X_1 - X R_1}{R R_1 + X X_1} = 0{,}0732; \tag{4}$$

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{r_3 X_1 - x_3 R_1}{r_3 R_1 + x_3 X_1} = -0{,}125. \tag{5}$$

Nach dieser kurzen Rechnung kann Bild 2 gezeichnet werden. $\operatorname{tg}\alpha$, $\operatorname{tg}\beta$, ϱ und p werden im folgenden entsprechend dem Aufbau ihrer Formeln Widerstandsquotienten genannt.

b. Berücksichtigung der Verluste

In Bild 2 sind die Leistungsverluste auf den Übertragungsleitungen vernachlässigt. Will man die Verluste berücksichtigen oder feststellen, wie groß der Fehler bei ihrer Vernachlässigung ist, dann dividiert man sämtliche Leistungen in Bild 2 durch die mittlere verkettete Netzspannung U, so daß man verkettete Ströme, Wirk- und Blindströme und deren Verhältnisse zueinander erhält. Die in den einzelnen Leitungsabschnitten fließenden verketteten Ströme können nun, wie oben für die Leistungen beschrieben, aus Bild 2 entnommen werden. Berechnet man aus der Stromverteilung die Spannungsabfälle auf den Leitungen und die Spannungen der Sammelschienen in B und C, und aus letzteren durch Multiplikation mit den Strömen die Leistungen, dann erhält man schon ein recht genaues Ergebnis. Der Fehler, der noch übrigbleibt, weil bei der Berechnung der Widerstandsquotienten angenommen werden muß, daß die Spannungen der Sammelschienen die gleiche Winkellage besitzen, was in Wirklichkeit nicht der Fall ist, kann aus Bild 3 entnommen werden. Es sind hier die Gleichungen für die Wirk- und Blindstromverluste (Δi_w und Δi_b) auf einem Leitungsabschnitt in % der abgenommenen Wirk- und Blindströme dargestellt. Negativer Verlust bedeutet, daß der Strom i_{w_a} oder i_{b_a}, der am Anfang der Leitung in diese hineinfließt, kleiner ist als der Strom i_{w_e} bzw. i_{b_e}, der am Ende der Leitung abgenommen wird.

$$\Delta i_w = \frac{i_{w_a} - i_{w_e}}{i_{w_e}} = \left(\frac{\cos(\varphi + \delta)}{\cos\varphi} - 1\right) \cdot 100\,[\%]; \tag{6}$$

$$\Delta i_b = \frac{i_{b_a} - i_{b_e}}{i_{b_e}} = \left(\frac{\sin(\varphi + \delta)}{\sin\varphi} - 1\right) \cdot 100\,[\%]. \tag{7}$$

Wie man aus Bild 3 entnehmen kann, eignet sich die Darstellung der Leistungsverteilung mit Hilfe von Widerstandsquotienten nur für den praktisch meist vorliegenden Fall, daß die Winkellage der verschiedenen Sammelschienenspannungen eines Ringes wenig voneinander abweicht, also der Winkel δ zwischen den Spannungen am Anfang und am Ende bei den einzelnen Hochspannungsleitungen klein ist. Für kleinen $\operatorname{tg}\varphi$ ist der Fehler bei den

Bild 2. Leistungsverteilung bei einer dreiteiligen Ringleitung ohne Verluste.

Blindströmen nicht so bedenklich, wie man nach Bild 3 schließen könnte, weil es sich ja meist nur um kleine Blindströme handelt, wenn $i_{b_e}/i_{w_e} = \operatorname{tg}\varphi$ klein, also i_{b_e} klein ist.

c. Leistungsverteilung bei Verwendung verschiedener Regeltransformatoren

Wie man aus Bild 2 entnehmen kann, besitzt der beschriebene Ring den Nachteil, daß man die Übertragungsfähigkeit der Freileitungen *2* und *3* von etwa 60 MVA bei einem Leistungstransport von *A* nach *B* und kleiner Belastung in *C* nicht voll ausnutzen kann, weil das Kabel von *A* nach *B* nicht überlastet werden darf. In welchem Maße die Übertragungsfähigkeit des Ringes von *A* nach *B* durch Einsatz verschiedener Regeltransformatoren gesteigert werden kann, ist in Bild 4 dargestellt. Mit Hilfe der dort gezeigten Darstellungsweise kann man die Leistungsfähigkeit verschiedener Regeltransformatoren miteinander vergleichen und den zur Erzielung des gewünschten Leistungsflusses am besten geeigneten Regler aussuchen. Zur Untersuchung der größten Übertragungsfähigkeit des Ringes von *A* nach *B* genügt es, wenn man sich nur auf die Betriebsfälle beschränkt, in denen das Kabel voll belastet ist. Man kann die von der Kapazität des Kabels erzeugte und in B zugespeiste Blindleistung N_{b_K} in der Zeichnung mit berücksichtigen, indem man den Mittelpunkt des Kreises „ohne Regler" entsprechend dem Maßstab um N_{b_K} BMW von dem Nullpunkt für die Abnahme in *C* nach rechts verschiebt. Der Mittelpunkt des Kreises „mit Regler" ist von dem Mittelpunkt des Kreises „ohne Regler" um ein waagerechtes Stück *w* und ein senkrechtes Stück *s* verschoben. *w* und *s* berechnet man aus dem Betrag und der Winkellage der Zusatzspannung bzw. U_{L_r} und U_{Q_r}, die der Regler der Netzspannung hinzufügt.

$$w = U\,\frac{U_{L_r} R_1 + U_{Q_r} X_1}{R_1^2 + X_1^2}\,,\quad s = U\,\frac{U_{L_r} X_1 - U_{Q_r} R_1}{R_1^2 + X_1^2}\,. \tag{8}$$

Die punktierten Linien in den Bildern 4a bis 4d stellen einen Belastungsfall dar. In *C* beträgt die Belastung 50 MW und 25 BMW, in *B* werden 5 BMW abgenommen. Es können dann in *B* bei voll belastetem Kabel 23 MW abgenommen werden, wenn kein Regler vorhanden ist. Wird ein Regler verwendet, der die Netzspannung am Standort *f* in Bild 1 vergrößern oder am Standort *k* verkleinern muß, dann entspricht die zusätzliche Wirkleistung, die in *B* abgenommen werden kann, der Strecke der punktierten Linie, die in dem schraffierten Regelbereich verläuft. Die jeweilige Spannung der 60 kV-Sammelschiene in B ergibt sich aus den gezeichneten Spannungskurven, die über dem Winkel φ_1 der vom Kabel übertragenen Leistung aufgetragen sind, also entsprechend dem verwendeten Regler verschoben sind.

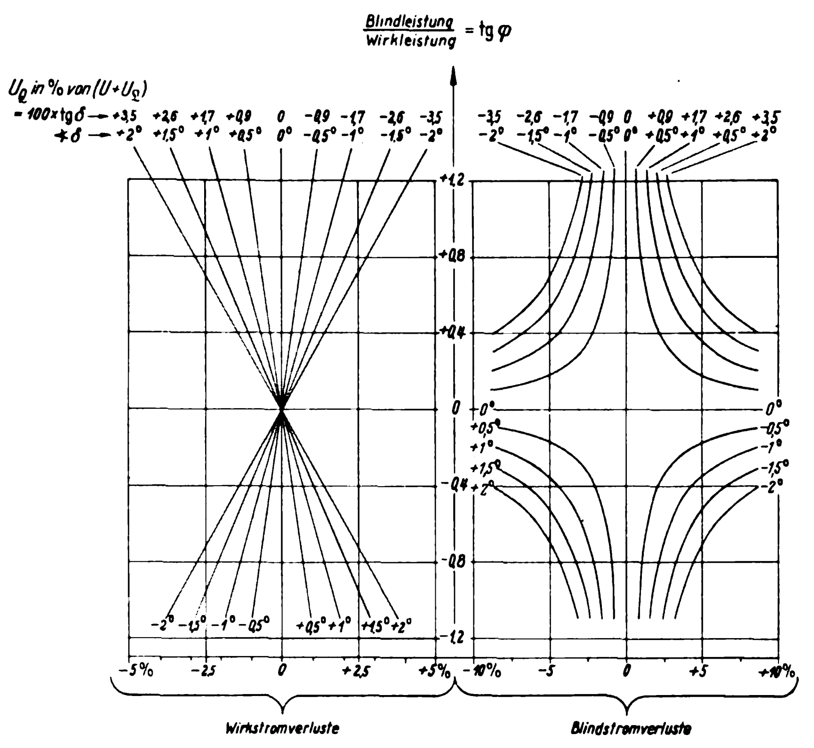


Bild 3. Wirk- und Blindstromverluste in Abhängigkeit von dem tg φ der übertragenen Leistung und von dem Winkel δ zwischen den Spannungen am Anfang und Ende eines Leitungsabschnittes.

2. Die Berechnung der Widerstandsquotienten

Die Berechnung wird für eine Ringleitung durchgeführt, bei der *n* Umspannwerke über *n* Leitungen miteinander verbunden sind. Die Darstellung beschränkt sich auf den Fall, daß auf der Leitung *1* von der Station *n* zur Station *1* Wirkleistung übertragen wird und in Station *1* Wirkleistung abgenommen wird. Die verketteten Wirk- und Blindströme, die in den Leitungsabschnitten fließen, werden i_w und i_b genannt; die in den Stationen abgenommenen oder zugespeisten Ströme heißen I_w und I_b. Der Winkel zwischen den Spannungen am Anfang und am Ende eines Leitungsabschnittes ist δ. U_{L_r} und U_{Q_r} sind die verketteten Längs- und Querspannungen, die ein Regeltransformator der Netzspannung an einer beliebigen Stelle des Ringes hinzufügt. Ist U_{L_r} zu dem Längsspannungsabfall auf Leitung *1* $(i_{w_1} r_1 + i_{b_1} x_1)$ entgegengesetzt gerichtet, dann wird U_{L_r} mit dem negativen Vorzeichen versehen. Bildet man in dem bekannten Vektorschaubild der Spannungen einer Ringleitung die Projektionen der Spannungsabfälle einerseits auf den Spannungspfeil der Station *n*, anderseits auf die Senkrechte zu diesem, dann erhält man für die Summen dieser Projektionen:

$$\begin{aligned}(i_{w_1} r_1 + i_{b_1} x_1)\cos\delta_1 + (i_{w_1} x_1 - i_{b_1} r_1)\sin\delta_1 &- \\ -(i_{w_2} r_2 + i_{b_2} x_2)\cos(\delta_1+\delta_2) - (i_{w_2} x_2 - i_{b_2} r_2)\sin(\delta_1+\delta_2) &- \\ - \cdots - (i_{w_n} r_n + i_{b_n} x_n)\cos\left(\sum_1^n \delta\right) - (i_{w_n} x_n - i_{b_n} r_n) &\times \\ \times\sin\left(\sum_1^n \delta\right) - U_{L_r}\cos\left(\sum_1^n \delta + \delta_r\right) - U_{Q_r}\sin\left(\sum_1^n \delta + \delta_r\right) &= 0;\end{aligned} \tag{9}$$

$$\begin{aligned}(i_{w_1} x_1 - i_{b_1} r_1)\cos\delta_1 - (i_{w_1} r_1 + i_{b_1} x_1)\sin\delta_1 &- \\ -(i_{w_2} x_2 - i_{b_2} r_2)\cos(\delta_1+\delta_2) + (i_{w_2} r_2 + i_{b_2} x_2)\sin(\delta_1+\delta_2) &- \\ - \cdots + \cdots - (i_{w_n} x_n - i_{b_n} r_n)\cos\left(\sum_1^n \delta\right) + (i_{w_n} r_n + i_{b_n} x_n) &\times \\ \times\sin\left(\sum_1^n \delta\right) - U_{Q_r}\cos\left(\sum_1^n \delta + \delta_r\right) + U_{L_r}\sin\left(\sum_1^n \delta + \delta_r\right) &= 0.\end{aligned} \tag{10}$$

Wenn die Winkel δ und auch deren Summen bei den praktisch meist vorliegenden Fällen sehr klein sind, kann man in den Gl. (9) und (10) die cos-Faktoren = 1 und die sin-Faktoren = 0 setzen[1]); dann ergibt sich:

$$\left.\begin{aligned} &i_{w_1} r_1 + i_{b_1} x_1 - i_{w_2} r_2 - i_{b_2} x_2 - \cdots - \\ &\quad - i_{w_n} r_n - i_{b_n} x_n - U_{L_r} = 0, \\ &i_{w_1} x_1 - i_{b_1} r_1 - i_{w_2} x_2 + i_{b_2} r_2 - \cdots + \\ &\quad + \cdots - i_{w_n} x_n + i_{b_n} r_n - U_{Q_r} = 0. \end{aligned}\right\} \tag{11}$$

Ersetzt man in den Gl. (11) die Leitungsströme durch die Belastungsströme, und setzt man für:

$$\left.\begin{aligned} &r_1 + r_2 + r_3 + r_4 + \cdots + r_n = R, \\ &x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + \cdots + x_n = X; \\ &R - r_1 = R_1,\ R - r_1 - r_2 = R_2,\ R - r_1 - r_2 - r_3 = R_3; \\ &X - x_1 = X_1,\ X - x_1 - x_2 = X_2,\ X - x_1 - x_2 - x_3 = X_3, \end{aligned}\right\} \tag{12}$$

[1]) W. Rojahn, ETZ 61 (1940) S. 988.

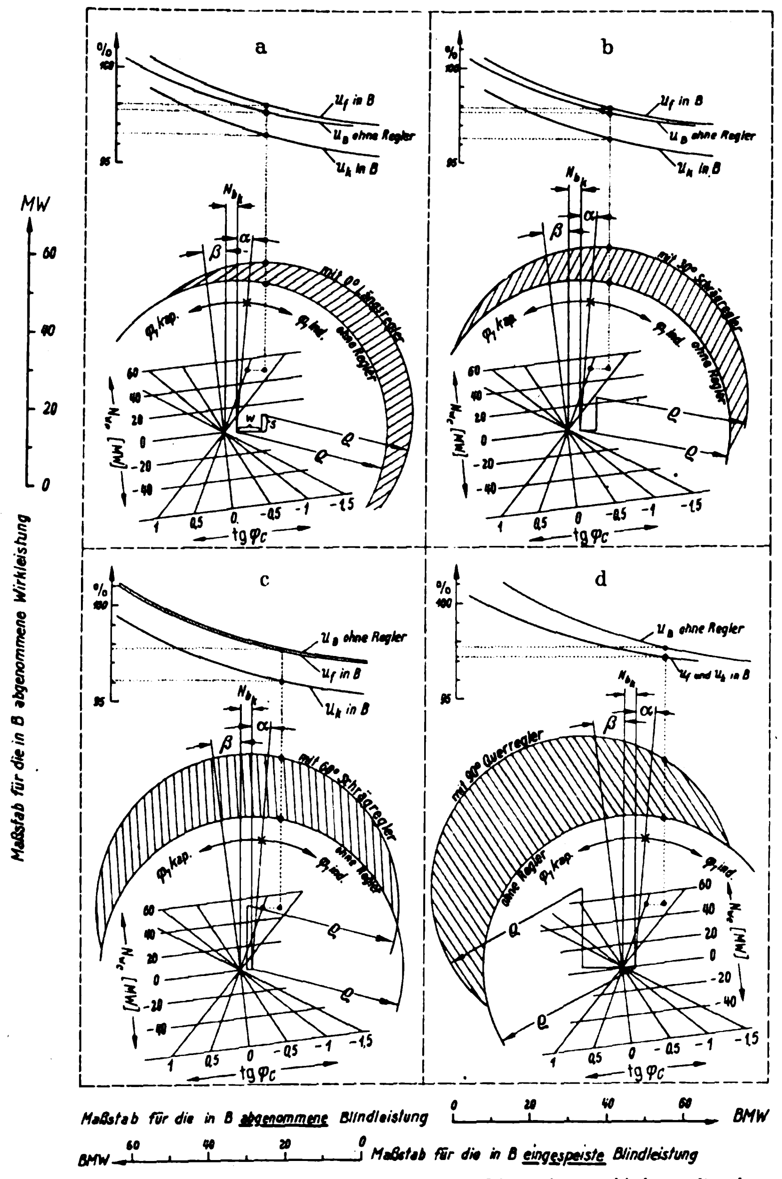


Bild 4. Leistungsverteilung bei einem dreiteiligen Ring mit verschiedenen Regeltransformatoren ohne Verluste.

dann erhält man:

$$\left.\begin{aligned} i_{w_1} R + i_{b_1} X - I_{w_1} R_1 - I_{w_2} R_2 - \cdots - I_{w(n-1)}\, r_n - \\ - I_{b_1} X_1 - I_{b_2} X_2 - \cdots - I_{b(n-1)}\, x_n - U_{L_r} = 0, \\ i_{w_1} X - i_{b_1} R - I_{w_1} X_1 - I_{w_2} X_2 - \cdots - I_{w(n-1)}\, x_n + \\ + I_{b_1} R_1 + I_{b_2} R_2 + \cdots + I_{b(n-1)}\, r_n - U_{Q_r} = 0. \end{aligned}\right\} \quad (13)$$

Löst man die Gl. (13) nach I_{w_1} und I_{b_1} auf, dann ergibt sich:

$$\left.\begin{aligned} I_{w_1} = {} & \frac{(i_{w_1} R + i_{b_1} X) R_1 + (i_{w_1} X - i_{b_1} R) X_1}{R_1^2 + X_1^2} - \frac{(I_{w_2} R_2 + I_{b_2} X_2) R_1 + (I_{w_2} X_2 - I_{b_2} R_2) X_1}{R_1^2 + X_1^2} - \\ & - \cdots - \frac{(I_{w(n-1)} r_n + I_{b(n-1)} x_n) R_1 + (I_{w(n-1)} x_n - I_{b(n-1)} r_n) X_1}{R_1^2 + X_1^2} - \frac{U_{L_r} R_1 + U_{Q_r} X_1}{R_1^2 + X_1^2}\,; \\ I_{b_1} = {} & \frac{(i_{w_1} R + i_{b_1} X) X_1 - (i_{w_1} X - i_{b_1} R) R_1}{R_1^2 + X_1^2} - \frac{(I_{w_2} R_2 + I_{b_2} X_2) X_1 - (I_{w_2} X_2 - I_{b_2} R_2) R_1}{R_1^2 + X_1^2} - \\ & - \cdots - \frac{(I_{w(n-1)} r_n + I_{b(n-1)} x_n) X_1 - (I_{w(n-1)} x_n - I_{b(n-1)} r_n) R_1}{R_1^2 + X_1^2} - \frac{U_{L_r} X_1 - U_{Q_r} R_1}{R_1^2 + X_1^2}\,. \end{aligned}\right\} \quad (14)$$

Ist ein Regeltransformator nicht vorhanden, und bezieht nur der Abnehmer *1* Strom, d. h. I_{w_2} bis $I_{w(n-1)}$ und I_{b_2} bis $I_{b(n-1)}$ sind Null, dann bleiben in den Gl. (14) nur die ersten Glieder mit dem positiven Vorzeichen übrig.

Die restlichen Glieder, die in den Gl. (14) das negative Vorzeichen erhalten haben, geben die Beträge an, die für den Regler und für jeden weiteren Stromabnehmer abgezogen bzw. für jede weitere Stromquelle (I_w und I_b negativ) zugezählt werden müssen. Fließt über die Leitung *1* vom Umspannwerk *n* zum Umspannwerk *1* der verkettete Strom

$$i_1 = \sqrt{i_{w_1}^2 + i_{b_1}^2}\,, \quad (15)$$

dann besteht zwischen I_{w_1} und I_{b_1} für den Fall, daß keine weiteren Stromabnehmer und kein Regler angeschlossen sind, folgende Beziehung:

$$I_{w_1}^2 + I_{b_1}^2 = \frac{R^2 + X^2}{R_1^2 + X_1^2}\, i_1^2 = \varrho'^2. \quad (16)$$

In einem rechtwinkligen Achsenkreuz mit den beiden Achsen für I_{w_1} und I_{b_1} stellt die Gl. (16) einen Kreis mit dem Radius ϱ' und dem Mittelpunkt im Nullpunkt dar. Multipliziert man Gl. (16) mit der mittleren, verketteten Netzspannung U, und nennt man die maximal zulässige Scheinleistung auf Leitung *1* N_{1m}, dann ist der Widerstandsquotient ϱ:

$$\varrho = N_{1m} \sqrt{\frac{R^2 + X^2}{R_1^2 + X_1^2}}\ [\text{MVA}]. \quad (17)$$

Der $\operatorname{tg} \alpha$ (Bild 2) ist die Neigung der Geraden für $i_{b_1} = 0$ gegen die senkrechte I_{w_1}-Achse. Setzt man auf der rechten Seite der Gl. (14) alle Ströme außer i_{w_1}, U_{L_r} und U_{Q_r} Null und eliminiert man i_{w_1}, dann ergibt sich:

$$I_{b_1} = \operatorname{tg} \alpha\, I_{w_1}; \quad \operatorname{tg} \alpha = \frac{R X_1 - X R_1}{R R_1 + X X_1}. \quad (18)$$

Bei einer Ringleitung, an die mehr als drei Umspannwerke angeschlossen sind, kann man die Beträge, die nach Gl. (14) von den Ordinaten des Kreises mit dem Radius ϱ abgezogen oder zugezählt werden müssen, nicht wie bei Bild 2 in einer einzigen Zeichnung ermitteln. Man zeichnet vielmehr die Koordinaten für die Leistungsabnahme der einzelnen Stationen des Ringes mit ihren Bestimmungsstücken $\operatorname{tg} \beta$ und p getrennt auf, so daß man für jede Station, außer Station *1*, ein Bild erhält, wie es für die Abnahme in *C* in Bild 2 dargestellt ist. Nachdem man dann die auf die I_{w_1}- und I_{b_1}-Achse projizierten Anteile der einzelnen Stationen summiert hat, ermittelt man die Leistungsverteilung, wie dies für Bild 2 beschrieben wurde. Der ähnliche Aufbau der negativen Glieder in den Gl. (14) zeigt, daß man $\operatorname{tg} \beta$ durch Einsetzen der entsprechenden Indexzahlen in Gl. (18) erhält. Als Beispiel dient Gl. (19).

$$\operatorname{tg} \beta_2 = \frac{R_2 X_1 - X_2 R_1}{R_2 R_1 + X_2 X_1}\,, \quad \operatorname{tg} \beta_3 = \frac{R_3 X_1 - X_3 R_1}{R_3 R_1 + X_3 X_1}. \quad (19)$$

Die Abstände p sind die Normalen der Geraden

$$I_w = \frac{10\,[\mathrm{MW}] \cdot 1000}{U\,[\mathrm{kV\ verkettet}]}.$$

Man erhält aus den Gl. (14) nach Multiplikation mit U:

$$\left.\begin{aligned} p_2 &= 10\,\frac{\sqrt{(R_2 R_1 + X_2 X_1)^2 + (R_2 X_1 - X_2 R_1)^2}}{R_1^2 + X_1^2}\,[\mathrm{MW}]; \\ p_3 &= 10\,\frac{\sqrt{(R_3 R_1 + X_3 X_1)^2 + (R_3 X_1 - X_3 R_1)^2}}{R_1^2 + X_1^2}\,[\mathrm{MW}]. \end{aligned}\right\} \quad (20)$$

Der waagerechte Betrag w und der senkrechte Betrag s in Gl. (8), um die der Mittelpunkt des Kreises für Betrieb mit einem Regeltransformator (Bild 4) verschoben werden muß, kann aus den Gl. (14) direkt abgelesen werden.

ϱ und p werden in dem gleichen, beliebig gewählten Maßstab gezeichnet, der auch für die im Umspannwerk *1* abgenommene Schein-, Wirk- und Blindleistung gilt.

Zusammenfassung

Man kann also einfach und schnell die Leistungsverteilung bei einer Ringleitung für zahlreiche verschiedene Belastungsfälle mit und ohne Regeltransformator übersichtlich ermitteln. Der beschriebene Arbeitsaufwand ist im Vergleich zu genaueren Rechen- oder Meßverfahren so gering, daß es sich auch lohnt, das angegebene Verfahren anzuwenden, wenn man möglichst genaue Ergebnisse sucht. Man kann sich dann mit Hilfe der Widerstandsquotienten im voraus eine Übersicht über die Leistungsverteilung bei verschiedenen Belastungen verschaffen und anschließend für einzelne bestimmte Belastungsfälle die genauen Werte ermitteln.

Neue Beobachtungen an Silberkontakten

Von **W. Burstyn VDE**, Berlin

DK 621.3.066.6

Übersicht. Silberkontakte lassen sich durch langsames Steigern der Stromstärke „formieren“, so daß die Grenzstromstärke auf etwa das Doppelte steigt.

Auf dem Gebiete der Stromunterbrechung gibt es drei Naturkonstanten, die freilich nur mit mäßiger Genauigkeit bestimmbar sind: die Lichtbogenspannung in der Größenordnung von 15 V, die Glimmspannung von etwa 300 V (nur in Edelgasen ist sie wesentlich niedriger) und die Grenzstromstärke, die sich etwas unterhalb der Glimmspannung, etwa bei 220 V, und ohne Selbstinduktion im Stromkreise noch lichtbogenfrei, also mit sehr kleinem Hube unterbrechen läßt[1]). Die letztgenannte Konstante ist werkstoffabhängig und liegt zwischen 0,17 A für Zink und 5 A für Platiniridium. Sie ist bei unedlen Metallen auch davon abhängig, ob die Elektroden blank, angelaufen oder stark oxydiert sind. Nur die untere Grenzstromstärke ist ziemlich genau feststellbar. Gerade bei einem der wichtigsten Kontaktmetalle, dem Silber, ist die gelegentlich zu findende obere Grenze wesentlich höher als die untere und kann etwa das Doppelte davon betragen. Das fällt deswegen auf, weil Silber ein edles Metall ist und Silberoxyd unter den gegebenen Umständen kaum entstehen kann, zumal die Entladung an der Kathode eine reduzierende Wirkung ausübt. Der schwarze Staub, mit dem sich die Elektroden beschlagen, dürfte eher metallisches Silber sein, das allerdings dieselbe lichtbogenfördernde Wirkung haben könnte wie ein Oxyd.

Trotz der recht zahlreichen Untersuchungen auf diesem Gebiet scheint merkwürdigerweise die nachstehend beschriebene Beobachtung bisher nicht gemacht worden zu sein. Mit leicht konvexen Feinsilberkontakten von 5 mm Dmr.[2]) wird ein induktionsfreier Gleichstrom von 220 V zweckmäßig mit einem Handschalter unterbrochen, bei dem zur bequemeren Beobachtung der Unterbrechungserscheinung die Bewegung waagerecht stattfindet. Steigert man nach und nach die Stromstärke, von der unteren Grenze von 0,45 A beginnend, so gelangt man bis zu einer oberen Grenze von 0,95 A. Wechselt man aber, wenn man so weit oder auch nur bis zu einem dazwischenliegenden Werte gekommen ist, die Stromrichtung, so entsteht bei der Unterbrechung ein Lichtbogen. Das gleiche tritt auf, wenn man abermals die Stromrichtung umkehrt.

Es findet also bei der allmählichen Steigerung der Stromstärke eine Art Formierung der Kontakte statt, und zwar wird die Kathode formiert, wie sich durch Vertauschen leicht feststellen ließ. In der Tat ist auch sonst immer die Kathode für die Höhe des Grenzstromes verantwortlich. Die Formierung ist mindestens während einiger Tage haltbar. Es ist gleichgültig, ob man hochglanzpolierte Kontakte benutzt oder solche, deren Silber mit Salpetersäure matt geätzt ist. Die obengenannten Grenzen von 0,45 und 0,95 A sind meist ziemlich scharf. Es sei aber nicht verschwiegen, daß es ein einziges Mal zu Anfang der Versuche gelang, die obere Grenze sicher auf 1,45 A zu treiben.

Noch eine zweite Erscheinung, die mit der beschriebenen wahrscheinlich nicht unmittelbar zusammenhängt, läßt sich beobachten. Legt man in den Stromkreis eine Drosselspule von z. B. 20 H, so gibt es zunächst wieder eine untere Grenze — etwa 0,06 A —, bei deren Überschreiten man am öffnenden Schalter nicht ein kleines Fünkchen erhält, sondern einen Augenblick lang eine zischende, sprühende Entladung, die von der Anode ausgeht, die ganze Fläche der Kathode bedeckt und sogar über ihren Rand hinausgreift; sie hat offenbar Glimmlichtcharakter. Durch langsame Steigerung der Stromstärke gelangt man bis zu etwa 0,2 A, ohne daß diese Erscheinung auftritt. Zur selben Grenze kommt man aber auch, wenn man wiederholt mit dieser Stromstärke schaltet; dabei macht es den Eindruck, als ob das Besprühen die Kathode irgendwie reinigen würde. Auch hier ergibt sich bei Stromumkehr wieder die untere Grenze.

Worauf die Formierung der Kathode beruht, konnte noch nicht erforscht werden. Es kann sich sowohl um eine Gefügeänderung als um eine chemische Änderung mit Aufnahme von Sauerstoff oder Stickstoff an den äußersten Schichten des Silbers handeln. Wenn es gelänge, die Formierung durch eine fabrikatorische Vorbehandlung des Silbers zu ersetzen, so wäre das von technischer Bedeutung; denn oberhalb des Grenzstromes findet eine weit stärkere Abnutzung der Kontakte statt als darunter, auch wenn ein hinreichender Hub den entstehenden Lichtbogen sicher unterbricht. Man könnte also an manchen Stellen mit Silber auskommen, wo man jetzt Platin oder dgl. anwenden muß. Zu ausführlichen Untersuchungen fehlt

[1]) Vgl. W. Burstyn, Elektrische Kontakte. Verlag Jul. Springer, 1937.
[2]) Für die Anfertigung danke ich der Fr. Kammerer AG., Pforzheim.

leider die Zeit. Darum soll diese Mitteilung zu weiteren Arbeiten anregen, die sich auch auf andere Metalle zu erstrecken hätten.

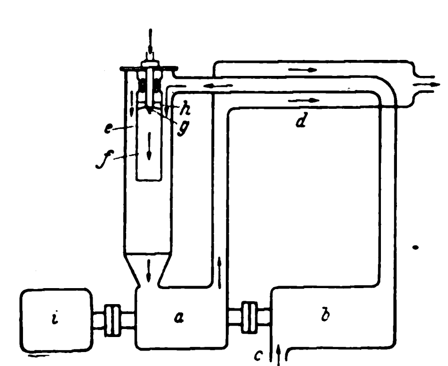
Zusammenfassung

Wenn man mit Silberkontakten einen Gleichstrom von 220 V unterbricht und dabei, mit der unteren Grenzstromstärke (0,45 A) beginnend, den Strom nach und nach steigert, so gelangt man zu einem Grenzstrom, der etwa das Doppelte des unteren Wertes beträgt. „Formiert" wird dabei die Kathode, und zwar nur für die eine Stromrichtung. Die Zahlen gelten für einen selbstinduktionsfreien Stromkreis. Bei Selbstinduktion läßt sich etwas Ähnliches beobachten.

Die Aussichten der Gasturbinenanlagen

DK 621.438

In den letzten Jahren wurde auf dem Gebiet der Gasturbinen fleißig gearbeitet. Unter den Veröffentlichungen verdient die Arbeit von A. Schütte[1]) Beachtung, über die hier berichtet und deren mögliche Auswirkung auf die zukünftige Entwicklung der Energieerzeugung erörtert wird.



a Gasturbine
b Luftverdichter
c Lufteintritt
d Luftvorwärmer
e Kühlmantel
f Brennkammer
g Brennstoffdüse
h Drallkörper
i Generator

Bild 1. Grundsätzliche Anordnung einer Gleichdruckgasturbine mit offenem Kreislauf.

Unter den Gleichraum- oder Verpuffungsturbinen ist die Holzwarth-Turbine, bei der vorverdichtete Luft und Brenngas in geschlossenen Brennkammern elektrisch gezündet und verpufft wird, über den Versuchsstand hinausgekommen. Die heißen Verbrennungsgase strömen über gesteuerte Ventile der Gasturbine unmittelbar zu, während die Energie der entspannten, mit verhältnismäßig hoher Temperatur aus der Turbine abströmenden Verbrennungsgase zur Dampferzeugung verwendet wird, die normalerweise über eine zusätzliche Dampfturbine die erforderliche Verdichterarbeit aufbringt. Unerwünscht sind die erforderlichen ölgesteuerten Ventile für Gas, Ladeluft, Nachladeluft und Verbrennungsgase. Die ungleichmäßige, stoßweise Beaufschlagung der Düsen wird neuerdings im unteren Dehnungsbereich durch im Nebenschluß liegende Ausgleichbehälter gemildert. Grundsätzlich dieselben Arbeitsbedingungen haben die den neuzeitlichen Verbrennungsmotoren nachgeschalteten Abgasturbinen.

Gleichdruck-Verbrennungsgasturbinen oder kurz Verbrennungsturbinen, die gleichfalls viele im Versuchsstadium steckengebliebene Vorläufer haben, werden heute in ihrer einfachsten Ausführung für Gastemperaturen bis zu 550 ° C vor Turbine im Dauerbetrieb gebaut und erreichen bei Ausrüstung mit Luftvorwärmern Wirkungsgrade von 20 bis 25%. Bild 1 zeigt das Schema einer Gleichdruck-Verbrennungsgasturbine nach BBC, das auch einer von Jendrassik gebauten 100 PS-Anlage entspricht, die mit Luftvorwärmer bei nur 475 ° Gastemperatur 21,2 % Gesamtwirkungsgrad erreichte. Zu den Gleichdruck-Gasturbinen gehört auch — als Gegenstück zu den Abgasturbogebläsen der Verpuffungsturbinen — das Verdichteraggregat des bekannten Veloxkessels.

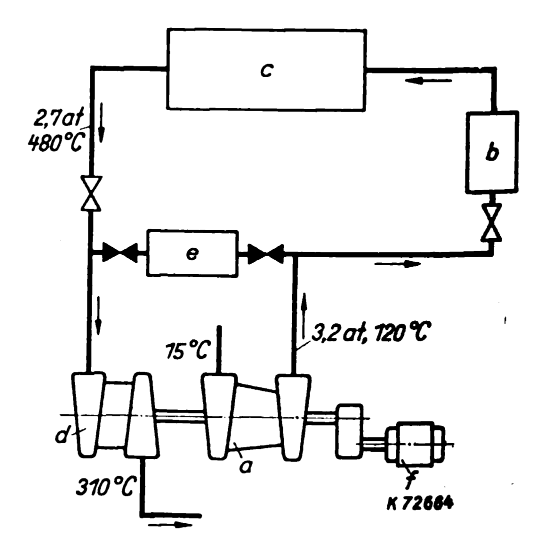
Escher Wyss hat ein Gleichdruckverfahren entwickelt, bei dem die arbeitende Gasmenge einen vollkommen geschlossenen Gaskreislauf durchführt, wodurch die Verfeuerung fester Brennstoffe ohne Verschleiß der Turbine ermöglicht wird. Die Brennstoffwärme wird hierbei über einen Wärmeaustauscher unter Atmosphärendruck an das verdichtete Gas übertragen. Den Vorteilen hohen Kreislaufdruckes, wie kleines arbeitendes Volumen und damit kleine Maschinen sowie bessere Wärmeübergangszahlen, stehen die Nachteile der größeren Anzahl von Wärmeaustauschern und Kühlern gegenüber.

In einem Vergleich der Wirkungsgrade der verschiedenen Verfahren kommt Schütte zu dem Ergebnis, daß für Anlagen mit Verbrennung bei gleichbleibendem Druck unter Verlust der abzuführenden Wärme die adiabatische Verdichtung gegenüber der isothermischen etwas im Vorteil, bei vollständiger Wiedergewinnung jedoch im Nachteil ist. Die Verbrennung bei gleichbleibendem Volumen ist rechnerisch überlegen.

Eine weitere Steigerung der Gastemperaturen über 600 ° bringt eine starke Wirkungsgradverbesserung; bei Erhöhung der Gastemperatur von 600 ° auf 700 ° steigt beispielsweise der Gesamtwirkungsgrad um 16 %, über 700 ° nimmt er jedoch etwas langsamer zu. Der Turbinen- und Verdichterwirkungsgrad beeinflußt den Gesamtwirkungsgrad sehr stark. Werte von 0,70 des Produktes aus Verdichter- und Turbinenwirkungsgrad wurden bereits bei größeren Anlagen erreicht, eine Steigerung dieses Wertes auf rd. 0,80 erscheint möglich. Da der günstigste Druck der Verbrennungsgasturbine bei etwa 4 ata je nach Höhe der Einzelwirkungsgrade und der Wiedergewinnung der Abgaswärme liegt, sind die Leitungen und die Turbinen also nur für verhältnismäßig geringen Druck, jedoch für große Volumina zu bemessen.

Bei Anlagen mit Abwärmeaustauschern ist eine weitere Verbesserung des Gesamtwirkungsgrades durch mehrstufige Verbrennung möglich, indem nach teilweiser Expansion das Arbeitsgas durch weitere Verbrennung erneut wieder auf die Anfangstemperatur gebracht wird.

Neben den reinen Gasturbinenverfahren wurden Gasturbinenanlagen mit vorgeschalteten Brennkraft-Kolbenmaschinen als „Treibgaserzeuger" entwickelt. Nach dem Verfahren der Götaverken wird ein Kolben-



a Kompressor
b ölgefeuerter Lufterhitzer
c chemische Apparatur
d Gasturbine
e Anfahrverbrennungskammer
f Stromerzeuger und Anwurfmotor

Bild 2. Arbeitsschema des Houdry-Verfahrens bei Verwendung einer Gasturbine.

[1]) A. Schütte, Der heutige Stand des Gasturbinenbaues, Z. VDI 84 (1940) S. 609; 7 S., 12 B.



verdichter mit einem mit Gleichstromspülung arbeitenden Zweitakt-Dieselmotor unmittelbar gekuppelt, der mit einem Gegendruck von mehreren Atmosphären arbeitet und mit Druckluft dieser Pressung aufgeladen wird. Die

Bild 3. Mehrstufige Restgasturbine für ein Werk der chemischen Großindustrie, 2800 kW, 2850 U/min, 5,3 ata.

Abgase des Dieselmotors werden mit der erzeugten Druckluft gemischt und betreiben bei einer Gemischtemperatur von 425 bis 450 ° C die räumlich unabhängig angeordneten Gasturbinen. Bei dem Verfahren nach Pescara fällt durch die Verwendung von Freiflugkolbenverdichtern der Kurbeltrieb von Dieselmotoren und Verdichtern weg. Die gesamte verdichtete Luft wird als Spülluft des Dieselteiles verwendet. Mit einer Doppelkolbenanlage können Gasturbinenleistungen bis zu 700 PS je Kolbeneinheit erreicht werden.

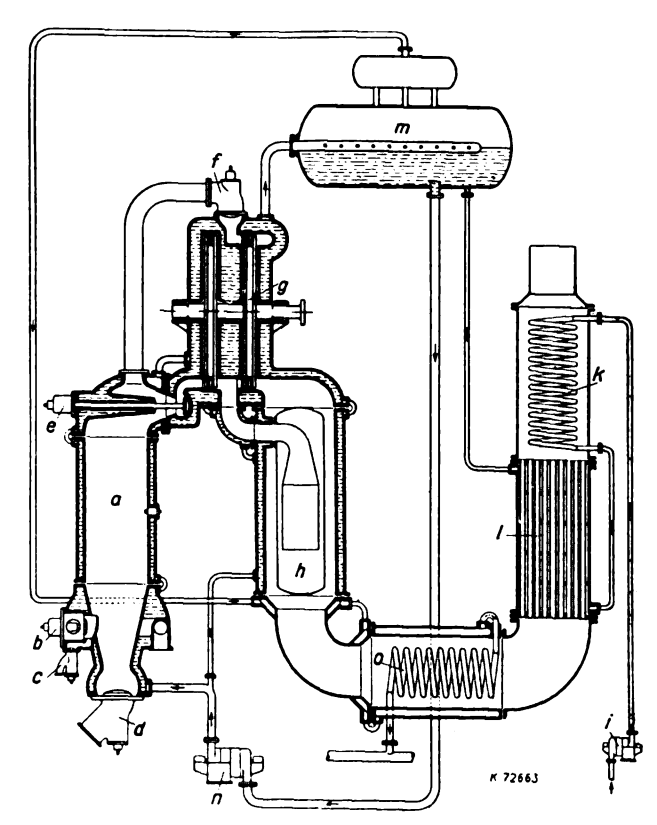
Die weitere Entwicklung von Gasturbinen hängt von der Schaffung geeigneter Werkstoffe mit genügender Festigkeit bei hohen Temperaturen und genügender Zunderbeständigkeit ab. Für Temperaturen von 550 bis 600 ° steht bereits eine genügende Auswahl von Stählen zur Verfügung. Die MAN hat mit Inchromisieren, d. h. durch Hineindiffundieren von Chrom in die Oberfläche bei 950 °, bei Abgasturbinenschaufeln gute Erfolge erzielt.

Der Berichterstatter kommt damit zu folgenden Aussichten der Gasturbinenanlagen für die nahe Zukunft:

Gasturbinenanlagen können den vorhandenen Energieerzeugungsverfahren ernsthafte Wettbewerber werden, da sie die gegebenen Maschinen für hohe Leistungen bei kleinem Leistungsgewicht sind. Vorläufig kommen sie jedoch nur für flüssige oder gasförmige Brennstoffe in Betracht und scheiden damit für die Großenergieerzeugung in stationären Kraftwerken, insbesondere in Deutschland, wo die Brennstoffbasis auf lange Sicht in der Kohle festliegt, aus. Ansätze, Gasturbinen für feste Brennstoffe, insbesondere für Kohlenstaub, zu entwickeln, sind vorhanden und verdienen ernsthafteste Beachtung; betriebs- und wettbewerbsfähige Konstruktionen liegen jedoch bis heute noch nicht vor. Der Wasserdampfprozeß wird aber auch in allen Fällen, in denen elektrische Energie im Gegendruckbetrieb erzeugt werden kann oder wo vorwiegend Dampf als Wärmeträger für Fabrikationsprozesse benötigt wird, durch die Gasturbine kaum verdrängt werden können. Hierbei darf nicht übersehen werden, daß Verbesserungen der Werkstoffeigenschaften auch dem Dampfturbinenbau zugute kommen und eine Steigerung der Dampftemperatur über die heute üblichen Höchstwerte von 500 bis 525 ° C auch eine Steigerung des Gesamtwirkungsgrades des Dampfturbinenprozesses mit sich bringt.

Für Sonderzwecke, bei Verfeuerung von Öl sowie von Gichtgas (für den Antrieb von Hochofengebläsen) zeichnen sich insbesondere Gleichdruck-Gasturbinen durch ihre fast nicht zu übertreffende Einfachheit, durch Wegfall der lästigen Speisewasser- und Kondensatwirtschaft und durch hohe Betriebsbereitschaft aus und kommen damit vor allem für fahrbare Kraftwerke, für Spitzenkraftwerke und bombensichere Reservekraftwerke in Betracht, wobei allerdings die thermischen Gesamtwirkungsgrade neuzeitlicher Hochdruck-Dampfkraftwerke (32 bis 37 %) bei Anlagen einfacheren Aufbaues nicht erreicht werden. Hierunter fallen auch die Antriebsanlagen für Windkanäle aerodynamischer Versuchsanstalten, die oft nur wenige Stunden im Jahre bei großen Leistungen (10 000 bis 20 000 kW) im Betrieb sind und hohe Anlagekosten nicht gestatten.

Lohnende Anwendungsgebiete eröffnen sich bei manchen chemischen und metallurgischen Prozessen, in denen heiße Gase verwendet werden, wie beim Houdry-Crack-Verfahren (Bild 2), weil bei der Durchführung derartiger Prozesse bei erhöhten Temperaturen und Drücken die Reaktionszeit wesentlich verkürzt wird. Bild 3 zeigt den Schnitt durch eine mehrstufige, für ein Werk der chemischen Großindustrie ausgeführte Rest-



a Verpuffungskammer
b Gasventil
c Nachladeluftventil
d Luftventil
e Düsenventil
f Auslaßventil
g Turbinenläufer
h Zwischenbehälter
i Speisewasserpumpe
k Speisewasservorwärmer
l Auspuffkessel
m Dampfausscheider
n Umwälzpumpe
o Überhitzer

Bild 4. Kühlschema einer 5000 kW-Holzwarth-Turbine.

gasentspannungsturbine, die einen wesentlichen Teil der Kompressionsenergie von bei hohen Drücken und Temperaturen vor sich gehenden Absorptionsprozessen der Stickstoff- und Salpetersäureherstellung zurückgewinnt und damit die Hauptantriebsmaschine des Kreiselkompressors (75 000 m³/h, 6 atü) wesentlich entlastet.

Bei Lokomotiven besteht gleichfalls ein großer Anreiz zum Einbau von Gleichdruckgasturbinen, da einer Verbesserung des bescheidenen thermischen Wirkungsgrades von Dampflokomotiven (< 12 %) die ungeheuren Schwierigkeiten der Einführung der Kondensation und hoher Anfangsdrücke im Wege stehen, und da bei Gasturbinen die in vielen Gegenden oft schwierige Wasserversorgung entfällt.

Ähnliche Überlegungen gelten für den immer noch stark umstrittenen Schiffsantrieb, wobei im Vergleich zu Dieselanlagen zu beachten ist, daß in Verbrennungsgasturbinen das billigere Heizöl, das auf dem Weltmarkt ungefähr ⅓ weniger kostet als Dieselöl, verfeuert werden kann. Insbesondere bei größeren Leistungen, die von einer einzigen Dieselmaschine nicht mehr beherrscht werden können, bietet die Gasturbinenanlage beachtliche Vorteile der Unterbringungsmöglichkeit großer Leistungen bei beschränktem Raum und der bequemen Übertragung dieser Leistungen auf die einzelne Schraubenwelle, die bisher nur bei elektrischer Kraftübertragung möglich war.

Aussichtsreiche Zwischenbauformen sind vor allem Anlagen nach Pescara und Götaverken, mit denen die Wirkungsgrade guter Dieselmaschinen (40 %) und die große Schmiegsamkeit von Dampfantrieben erreicht werden sollen. Bei Pescara-Anlagen fallen infolge der Freiflugverdichter mit Doppelkolben (Leistungsgewicht des Gaserzeugers 5 kg/PS) außerdem die lästigen Drehschwingungen von Kurbeltrieben und die freien Massenkräfte weg.

Während bei Verbrennungsturbinen heute die auftretenden Höchsttemperaturen durch Wahl hoher Luftüberschußzahlen unter entsprechender Herabdrückung des Wirkungsgrades beherrscht und geregelt werden, macht die Holzwarth-Turbine sich den Vorteil der Gleichraumverbrennung zunutze, allerdings unter Inkaufnahme der eingangs erwähnten Schwierigkeiten bei sehr vielgliedrigem Aufbau und nicht ohne auf eine der Dampferzeugung nutzbar gemachte Wandungskühlung verzichten zu können. Bild 4 zeigt das Kühlschema der vor kurzem in Betrieb gekommenen 5000 kW-Anlage.

Ein weiteres, bereits mit Erfolg beschrittenes Arbeitsgebiet von Gasturbinen liegt in der Verwendung als Luftentspannungsturbine bei großen Kreiselkompressoren, die wie im Bergbau häufig sehr weit nach unten wirtschaftlich geregelt werden sollen. Im unstabilen Leistungsbereich tritt eine Luftentspannungsturbine hierbei selbsttätig in Betrieb und entspannt unter Vermeidung der natürlichen Pumpgrenze die überschüssig geförderte Druckluftmenge auf Atmosphärendruck. Die Turbine kann hierbei direkt den Kompressor entlasten oder nach anderer Bauart an Stelle einer Dampfhilfsturbine einen Kondensationspumpensatz antreiben, wodurch zusätzliche Verluste oberhalb der Pumpgrenze vermieden werden.

Als Hilfsmaschine hat sich heute die Gasturbine als einstufiger Abgasturbolader zur Aufladung von Dieselmotoren aller Art, aber auch von Otto-Flugmotoren ein überaus wichtiges und unumstrittenes Anwendungsgebiet zur Erzielung geringsten Leistungsgewichtes, leichter Überlastbarkeit und flacher, niedriger Brennstoffverbrauchskurven erobert und damit beispielsweise ermöglicht, Flugmotoren zu schaffen, die noch in 7,5 km Höhe ihre volle Bodenleistung abgeben. Die Gewichte der Abgasturbinen liegen hierbei zwischen 0,2 und 0,35 kg/PS.

Zusammenfassend ist festzustellen, daß die Entwicklung der Gasturbine in verschiedenen Bauformen beachtliche Fortschritte gemacht hat und die Gasturbine sich in ihrer Brennstoffausnutzung unter Wahrung der ihr eigenen Vorteile den vorhandenen hochwertigen Energieerzeugungsverfahren nähert, ohne sie jedoch zu erreichen. In verschiedenen Sondergebieten hat sie bereits heute festen Fuß gefaßt und läßt weitere Verbesserungen in bezug auf das Arbeitsverfahren und die Beherrschung der Temperaturen zur Erreichung des Endzieles der Verbindung guter Brennstoffausnutzung von Verbrennungsmaschinen mit der betriebssicheren Zusammenfassung großer Leistungen bei geringem Gewicht und hoher Überlastbarkeit von Turbinen erwarten. Richard Stroehlen

Wicklungs-Prüfeinrichtungen für elektrische Maschinen

DK 621.313.1.045 : 621.317.2

Für die Prüfung von eingebauten Maschinenspulen auf Windungsschluß nach dem Induktionsverfahren werden besondere wechselstromgespeiste Prüfmagnete verwendet, deren Polschuhe so abgeschrägt sind, daß sie sich gut der Form des Maschinenankers oder -ständers anpassen[1]). Die Lage der kurzgeschlossenen Spule wird mit einem kleinen U-förmigen Suchmagneten festgestellt, an dessen Wicklung ein Kopfhörer oder ein empfindlicher Spannungsmesser angeschlossen ist. Einzelspulen werden vor dem Einbau zur Windungsschlußprüfung über einen Schenkel oder über das Joch des Prüfmagneten geschoben. Der magnetische Kreis des Prüfmagneten wird durch ein passend geformtes Eisenpaket geschlossen. Unbeschädigte und ordnungsgemäß gewickelte Spulen zeigen bei derselben Erregung des Prüfmagneten dieselbe Spannung an ihrem Ende.

In der jüngsten Zeit hat das Verfahren der Widerstandsmessung größere Bedeutung gewonnen. Bei der ursprünglichen Meßanordnung wurde durch den zu prüfenden Anker über zwei Anschlußbürsten, die auf zwei um eine Polteilung voneinander entfernten Stegen des Stromwenders liegen, ein Gleichstrom geschickt und mit einem hochempfindlichen Spannungsmesser die Spannung zwischen zwei benachbarten Stromwenderstegen ausgemessen. Sind alle Spulen in Ordnung, so sind die Teilspannungen praktisch gleich groß. Ein Windungsschluß macht sich durch den Rückgang der Spannung zwischen zwei Stegen bemerkbar. Bei einem neueren Prüfverfahren wird an die zu prüfende Spule des Ankers eine Hochfrequenzspannung von etwa 10 kHz über einen Wirkwiderstand gelegt, dessen Betrag gleich dem zu messenden Scheinwiderstand der Ankerspule ist. Die an der Ankerspule auftretende Spannung wird durch eine Braunsche Röhre angezeigt. Um Fehler, die nur während des Laufes, z. B. durch Fliehkräfte, auftreten, aufzudecken, kann der Anker bei seiner Nenndrehzahl geprüft werden. Die Kippfrequenz für den Zeitkreis des Oszillographen wird so gewählt, daß sich ein stehendes Bild auf dem Leuchtschirm der Braunschen Röhre ergibt. Die Unterbrechung in einer Spule tritt als Verdopplung, ein Windungsschluß als Rückgang des Strahlausschlages gegenüber dem normalen Wert im Oszillogramm deutlich in Erscheinung.

Zur Windungsprobe von einzelnen Spulen mit gedämpfter Hochfrequenz werden die Spulen mit einem Kondensator über eine Löschfunkenstrecke zu einem Schwingungskreis zusammengeschaltet. Lose mit diesem Hauptkreis wird ein auf Resonanz mit dem Hauptkreis abgestimmter zweiter Schwingungskreis angekoppelt. Bei einem Durchschlag der Spulenisolation des Prüflings geht der Strom im zweiten Schwingungskreis merklich zurück.

Bei einem beschriebenen Spulenprüfer wird die zu untersuchende Spule einer Beanspruchung mit ungedämpfter Hochfrequenz ausgesetzt. Die Prüfspule wird über einen für Hochfrequenz geeignet aufgebauten Eisenkern gesteckt und durch einen Röhrensender erregt. Zu beiden Seiten der Erregerwicklung liegen auf dem Eisenkern Meßwicklungen, deren induzierte Spannungen sich beim Leerlaufbetrieb des Spulenprüfers und auch bei der Untersuchung einer Spule mit einwandfreier Windungsisolation aufheben. Bei einem Windungsschluß des Prüflings überwiegt die Spannung der einen Meßwicklung. Dieser Unterschied der Spannungen der beiden Meßwicklungen wird durch eine Brückenschaltung ausgemessen und zur Fehleranzeige benutzt. *eb.*

[1]) W. Raske, Arch. techn. Messen Z 731 — 2 (Juli 1940), 4 S., 9 B.



Einführung zu VDE 0804/XII. 40 „Vorschriften für Fernmeldegeräte"

Von Wilhelm Cames VDE, Berlin

DK 621.394/.398(083.133.2)

Übersicht. Diese Einführung beschreibt die wichtigsten Änderungen der vollständig neubearbeiteten Vorschriften für Fernmeldegeräte VDE 0804 hinsichtlich Geltungsbereich, Kriech- und Luftstrecken, zulässiger Grenzerwärmung und -temperatur, Berührungsschutz, Prüfspannungen usw.

Am 1. März 1941 tritt die Neubearbeitung von VDE 0804 in Kraft, die den neuen Titel „Vorschriften für Fernmeldegeräte" führt. Bei dieser Gelegenheit wird es von Interesse sein, zu erfahren, was sich gegenüber der alten Fassung geändert hat und was neu hinzugekommen ist. Zur Einführung wird deswegen ein kurzer Überblick über die wichtigsten Änderungen und Ergänzungen gegeben, der jedoch keinen Anspruch auf Vollständigkeit erhebt.

Erweiterung des Geltungsbereiches

Die alten Vorschriften haben sich nur auf den Netzteil netzstromführender Fernmeldegeräte bezogen; die neuen wurden auf Geräte jeder Art, die irgendwie der elektrischen Fernübermittlung von Nachrichten dienen, ausgedehnt und nicht mehr allein auf den Stromversorgungsteil beschränkt.

Im Gegensatz zur Regelung in VDE 0804/1934 sind besondere Vorschriften für einzelne Gerätearten (z. B. für Rundfunkempfänger VDE 0860) zusätzlich zu beachten.

Nun gibt es aber noch eine Gruppe von Geräten, die als Verbindungsglieder zwischen Fernmelde- und Starkstromanlagen stehen und Funktionen in beiden zu erfüllen haben. Solche kombinierten Anlagen sind z. B. die neuen Beleuchtungsanlagen, in denen man Licht nicht direkt, sondern mittels Relais über Fernmeldekreise einschaltet. Diese Verbindungsglieder, deren Einordnung bisher zweifelhaft war, gelten jetzt als Fernmeldegeräte und können nach VDE 0804 hergestellt werden, nur müssen diejenigen Stromkreise in ihnen, die gegen das Starkstromnetz nicht ausreichend isoliert sind, nach Starkstromvorschriften gebaut werden.

Die Vorschrift der ausreichenden Isolation gegen das Starkstromnetz schließt die Anwendung der neuen Bestimmungen auf vermeintliche „Fernmeldegeräte" in reinen Starkstromanlagen aus, die als solche nach der allgemeinen Form der Begriffserklärung für „Fernmeldegeräte" angesehen werden könnten. Für den Aufbau dieser Geräte gelten selbstverständlich durch ihre direkte Verbindung mit dem Starkstromnetz nur die Starkstromvorschriften. So sind z. B. die Geräte für die Steuerungen der Antriebsmotoren von Werkzeugmaschinen oder elektrischen Triebwagen starkstrommäßig aufzubauen, wenn die Steuerorgane direkt im Starkstromkreis liegen.

Wird eine solche Steuerung aber so gebaut, daß die Geräte einem besonderen Stromkreis angehören, der vom Starkstromnetz durch ausreichende Isolation getrennt ist, so haben wir keine reine Starkstrom-, sondern eine kombinierte Anlage vor uns und mithin in den Verbindungsgliedern Vertreter der schon oben beschriebenen Gruppe von Fernmeldegeräten, die ebenso wie die anderen im Fernmeldekreis liegenden Geräte nach VDE 0804 gebaut werden können.

Wie man sieht, bleibt es dem Konstrukteur überlassen, ob er nach VDE 0804 oder nach Starkstromvorschriften bauen will. Er wird sich bei kombinierten Anlagen immer für die Bauart entscheiden, die ihm am wirtschaftlichsten erscheint.

Mit diesen Erweiterungen des Geltungsbereiches sind die neuen Bestimmungen die Dachvorschrift für Fernmeldegeräte, von der einfachsten Klingel bis zur kompliziertesten Fernmeldeeinrichtung, geworden.

Einschränkung des Geltungsbereiches

Während jedoch die alte Fassung VDE 0804 keine Spannungsbegrenzung nach oben hin kannte, ist in der Neubearbeitung der Geltungsbereich in Übereinstimmung mit der Starkstromeinteilung auf Geräte mit Spannungen bis zu 1000 V beschränkt worden.

Geräte mit höheren Spannungen (z. B. Rundfunk- und Fernsehsender, Fernsehempfänger, Meßgeräte mit Braunschen Röhren u. dgl.) bleiben „Vorschriften für Fernmeldegeräte mit Spannungen über 1000 V" vorbehalten, die jedoch erst aufgestellt werden sollen, wenn die Entwicklung besonders der Gerätetypen mit Braunschen Röhren zu einem gewissen Abschluß gelangt ist.

Neben den zuletzt genannten Geräten stehen einstweilen lediglich die Geräte für das Eisenbahnsicherungswesen außerhalb der Bestimmungen VDE 0804. Sie erfordern abweichende Vorschriften hinsichtlich zulässiger Erwärmung, Erdung usw. Außerdem sollen Signaleinrichtungen im Eisenbahnverkehr so gebaut sein, daß sie beim Versagen „nach der sicheren Seite" wirken, d. h. z. B. einen Zug zum Halten bringen. Es wird bei der Überarbeitung der Vorschriften für Fernmeldeanlagen (VDE 0800) nochmals geprüft werden, ob sich solche Forderungen nicht doch in VDE 0800 und später auch in VDE 0804 einordnen lassen.

Herabgesetzte Anforderungen

Einige Bestimmungen der neuen Fassung konnten gegenüber der alten gemildert werden. So ließen die verbesserten Isolierstoffe eine Herabsetzung der Kriech- und Luftstrecken zu. Die im Kurzschluß zulässigen höheren Werte für Grenzerwärmung und -temperatur und ebenso die ermäßigten Prüfspannungswerte kommen einer besseren Ausnutzung der verwendeten Werkstoffe entgegen. Die neuen Vorschriften unterstützen damit das Bestreben, kleiner, leichter und gedrungener zu bauen.

Auf mechanische Prüfungen wurde im Hinblick auf die große Zahl verschiedenartiger Geräte verzichtet.

Sonderbestimmungen

Wo es die besondere Verwendung der Geräte erforderte, ging man über den allgemeinen Rahmen durch Sonderbestimmungen hinaus oder verwies auf andere Vorschriften, wie z. B. bei Rundfunkgeräten. Diese werden neben der Typenprüfung auch einer Stückprüfung unterworfen, weil sie von Laienhand bedient werden.

Für Geräte, die in Betriebsstätten oder -räumen verwendet werden, wurden einzelne Bestimmungen gemildert.

Uneingeschränkter Berührungsschutz

Für alle Geräte (Ausnahmen siehe unter Sonderbestimmungen), selbst für die, die mit niedrigsten Spannungen betrieben werden, wird Berührungsschutz im Handbereich gefordert. Dies war notwendig, um die Herstellung minderwertiger Geräte zu verhindern und damit der Gefahr von Unfällen vorzubeugen, kommen doch gerade die Zuleitungsschnüre dieser meist einfachen Apparate häufig mit Starkstromeinrichtungen in Berührung (z. B. Klingelleitungen an der Zimmerbeleuchtung, verschlungene Leitungen von Fernsprecher und Tischlampe) und werden bei Kurzschluß die Brücke für eine am Fernmeldegerät auftretende Berührungsspannung, die bei geschütztem Gerät unwirksam bleibt. Im übrigen sollen



durch den Berührungsschutz auch Schockwirkungen durch induktive Spannungen vermieden werden.

Spannungsprüfung für Leitungen

Für Leitungen mit Spannungen von mehr als 100 V gegen Erde wurde eine Spannungsprüfung eingeführt. Sie war notwendig z. B. für abgeschirmte Leitungen, die zur statischen Abschirmung eine metallische Umhüllung erhalten und die nicht durch VDE-Vorschriften erfaßt werden. Auch sollten die bei der augenblicklichen Rohstofflage von Zeit zu Zeit erscheinenden neuen Leitungen mit Austauschstoffen einer gewissen Sicherheitsanforderung unterworfen sein.

Zwei- und mehrpolige Stecker

Die Vorschriften lassen nur solche zwei- oder mehrpoligen Stecker zu, die nicht in genormte Licht- oder Kraftsteckdosen eingeführt werden können. Die Verwendung des Bananensteckers ist zwar nicht verboten, wird aber auch nicht gutgeheißen. Er sollte nur noch in Laboratorien, Reparaturwerkstätten, Prüffeldern u. dgl. gebraucht werden.

Erweiterung der Prüfbestimmungen

Die Prüfung der Geräte ist wesentlich erweitert worden. Die alte Fassung der Vorschriften sah nur die Spannungsprüfung vor. Jetzt wird außerdem auch auf Berührungsschutz, Wärmesicherheit und ausreichende Isolation geprüft. Zum Schluß werden die Geräte einer Gebrauchsprüfung unterworfen.

Anforderungen, die sich durch besonders rauhe Behandlung von Geräten (in Fahr- und Flugzeugen) ergeben oder durch besonders ungünstige Klimata (Tropen, Flugzeuge in großer Höhe) bedingt sind, wurden zunächst unberücksichtigt gelassen. Sie bleiben einer späteren neuen Bearbeitung vorbehalten.

VDE 0804 und VDE 0800

Die „Vorschriften für Fernmeldegeräte" würden unvollständig bleiben, wenn nicht auch die „Vorschriften und Regeln für die Errichtung elektrischer Fernmeldeanlagen" (VDE 0800) eine entsprechende Überarbeitung erfahren würden. Diese Überarbeitung soll in Kürze beginnen. Ein erster Entwurf liegt bereits vor. Die wesentlichen Bestimmungen über Apparate aus VDE 0800, besonders die des § 15, wurden bereits in teils geänderter Form in VDE 0804 übernommen. In absehbarer Zeit wird dann mit den Neubearbeitungen von VDE 0800 und VDE 0804 ein Vorschriftenwerk vorliegen, das alle Geräte und Anlagen, die der Fernübermittlung von Nachrichten dienen, umfaßt.

Vorschriften für Fernmeldegeräte

VDE-Ausschuß für Fernmeldetechnik

DK 621.394/.398 (083.133.2)

VDE 0804/XII.40

Inhaltsübersicht

I. Gültigkeit

§ 1

Geltungsbeginn

a) Diese Vorschriften treten am 1. März 1941 in Kraft[1]).

Für die Herstellung gelten daneben noch die bisherigen Vorschriften VDE 0804/1934 bis zum 28. Februar 1943.

Für die Verwendung bleiben solche Erzeugnisse, die bis zu diesem Termin nach VDE 0804/1934 fertiggestellt sind, auch weiterhin noch zulässig, wenn sie nicht gegen die jeweils für die Verwendung geltenden VDE-Bestimmungen verstoßen.

b) Ersatz- und Ergänzungsteile für Geräte in bereits bestehenden Anlagen, die ohne wesentliche Änderung der Anlage nicht durch Teile ersetzt werden können, die nach diesen Vorschriften gebaut sind, bleiben zulässig, wenn sie den bisher gültigen Bau- und Prüfvorschriften genügen.

[1]) Genehmigt durch den Vorsitzenden des VDE im Dezember 1940.

§ 2

Geltungsbereich

a) Diese Vorschriften gelten für Bau und Prüfung elektrischer Fernmeldegeräte, die der Begriffserklärung nach § 3 entsprechen.

b) Die Vorschriften gelten vorerst nicht für Geräte, in denen Spannungen von mehr als 1000 V verwendet werden, und vorerst auch nicht für Geräte des Eisenbahnsicherungswesens.

c) Die für einzelne Fernmeldegeräte oder deren Einzelteile herausgegebenen besonderen VDE-Bestimmungen sind zusätzlich neben diesen Vorschriften zu beachten[2]).

d) Für Fernmeldegeräte, die im Zusammenhang mit Starkstromnetzen (elektrischen Energieversorgungs- und -verteilungsanlagen) stehen, sind außerdem für diejenigen Stromkreise und Teile, die mit dem Starkstromnetz in leitender Verbindung stehen oder von diesem nicht ausreichend isoliert (siehe §§ 10, 13 und 24) sind, die im einzelnen Falle maßgebenden Starkstrom-Bestimmungen zu beachten.

Geräte dieser Art kommen z. B. vor in Fernsteuer-, Fernmeßanlagen im Betrieb von Elektrizitätswerken, Fernsprech- und Fernwirkanlagen, die mit Trägerstromübertragung auf Hochspannungsleitungen arbeiten, Anlagen zur Befehlsübermittlung und sonstiger Fernwirkung sowie in Fernschreibanlagen und dgl.

Dies gilt jedoch nicht für den Netzanschlußteil von Fernmeldegeräten, die zu ihrer Stromversorgung an Starkstromnetze angeschlossen werden. Er ist in den vorliegenden Vorschriften bereits berücksichtigt (siehe z. B. § 13).

e) Für Geräte, deren Stromkreise mit dem Starkstromnetz in leitender Verbindung stehen oder von diesem nicht ausreichend isoliert (siehe §§ 10, 13 und 24) sind, die nach der Begriffsbestimmung des § 3 aber auch als Fernmeldegeräte angesehen werden könnten, sind im ganzen die für sie maßgebenden Starkstrom-Bestimmungen zu beachten.

Dies gilt insbesondere für mit Starkstrom arbeitende Druckknopfsteuerungen, z. B. für Werkzeugmaschinen, Aufzüge und dgl., für Signal- und Betätigungseinrichtungen in Schaltwarten von Hochspannungsanlagen usw.

[2]) Zur Zeit kommen u. a. folgende VDE Bestimmungen in Betracht:
VDE 0550 „Vorschriften für Bau und Prüfung von Schutz-, Netzfernmelde- und sonstigen Transformatoren für Kleinspannung und Kleinleistung".
VDE 0807 „Vorschriften für galvanische Elemente und Batterien".
VDE 0850 „Sicherheitsvorschriften für Hochfrequenztelephonie in Verbindung mit Hochspannungsanlagen".
VDE 0860 „Vorschriften für Rundfunkgeräte, die mit Starkstromnetzen in Verbindung stehen".
VDE 0410 „Regeln für Meßgeräte".



II. Begriffserklärungen

§ 3
Geräte

Fernmeldegeräte im Sinne dieser Vorschriften sind in sich abgeschlossene Einrichtungen, die mittelbar oder unmittelbar der elektrischen Fernübermittlung von Nachrichten jeder Art, Zuständen, Vorgängen, Wahrnehmungen dienen, oder auch in sich abgeschlossene Teile von Fernmeldeanlagen (z. B Umschalter, Relais und Gestelle).

§ 4
Geräteteile

a) **Kriechstrecke** ist der kürzeste Weg, auf dem ein Stromübergang längs der Oberfläche eines Isolierkörpers zwischen Spannung führenden Teilen untereinander oder zwischen Spannung führenden Teilen und Erde eintreten kann.

b) **Luftstrecke** ist der kürzeste Weg, gemessen in der Luftlinie, zwischen Spannung führenden Teilen untereinander oder zwischen Spannung führenden Teilen und solchen Metallteilen, die mit Erde in Berührung kommen können.

c) **Abdeckungen** sind Mittel zum Schutz gegen zufällige Berührung von Geräteteilen, die Spannung führen oder unzulässig hohe Temperatur [§ 11d)] annehmen können.

§ 5
Prüfung

Typenprüfung ist eine Prüfung des Gerätetyps, die feststellt, ob der grundsätzliche Aufbau den nachstehenden Vorschriften entspricht.

§ 6
Betriebsangaben. Elektrische Größen

a) **Nennbetrieb** ist der Betrieb bei Nennspannung, Nennstrom und Nennfrequenz sowie bei Anordnung und Verwendung, die bestimmungsgemäß sind.

b) **Berührungsspannung** ist die Spannung, die zwischen den der Berührung zugänglichen, nicht zum Betriebsstromkreis gehörenden Metallteilen und Erde oder zwischen diesen Metallteilen untereinander auftreten kann. Sie kann sowohl im Betriebszustand als auch im Störungsfalle vorhanden sein.

c) **Berührungsstrom** ist der Strom, der von berührbaren, nicht zum Betriebsstromkreis gehörenden Metallteilen durch den menschlichen oder tierischen Körper zur Erde oder zu anderen berührbaren Teilen fließen kann. Er kann sowohl im Betriebszustand als auch im Störungsfalle auftreten.

§ 7
Räume

a) Unter dem Begriff „**Räume**" sind in diesen Vorschriften nicht nur die umbauten Räume, sondern allgemein die Verwendungsstellen und ihre nähere Umgebung zu verstehen, soweit sie für die klimatische, thermische, chemische oder sonstige Beanspruchung von Fernmeldegeräten berücksichtigt werden müssen.

b) **Trockene Räume** sind solche Räume, deren relative Luftfeuchtigkeit im allgemeinen zwischen 45 und 75% liegt. Die auch in solchen Räumen mögliche örtliche Kondenswasserbildung (z. B. durch eine Kaltwasserleitung) bleibt dabei unberücksichtigt, sofern das Gerät durch das Kondenswasser nicht beansprucht wird.

c) **Feuchtigkeitsgefährdete Räume** sind solche Räume, in denen häufig über 75% relative Luftfeuchtigkeit herrscht, Kondenswasser jedoch in der Regel nicht auftritt.

d) **Feuchte Räume** sind solche Räume, die in der Regel mehr als 75% relative Luftfeuchtigkeit aufweisen und in denen mit Kondens- oder Sickerwasser zu rechnen ist.

e) **Chemisch gefährdete Räume** sind solche Räume, in denen feste, flüssige oder gasförmige Stoffe auf Geräte zersetzend einwirken können.

Räume gemäß d) und e) kommen vor in chemischen Fabriken, Färbereien, Gerbereien, Zuckerfabriken, Molkereien, Käsereien, Metzgereien, Wäschereien, landwirtschaftlichen Betrieben u. dgl.

f) **Heiße Räume** sind solche Räume, deren Temperatur in der Regel über 45° C liegt.

g) **Feuergefährdete Räume** sind solche Räume, in denen leicht entzündliche Gegenstände hergestellt, verarbeitet oder aufgespeichert werden, sowie solche, in denen erfahrungsgemäß sich brennbare Gase, Dämpfe, Staube, Fasern oder Gemische aus diesen mit Luft im Betriebe bilden können.

Derartige Räume kommen vor in chemischen Fabriken, Papierfabriken, Filmtheatern (Bildwerferräumen), Holzbearbeitungsstätten, Kraftwagenunterkunftsräumen (Garagen), landwirtschaftlichen Betrieben u. dgl.

h) **Explosionsgefährdete Räume und gefährdete Räume in Sprengstoffbetrieben** siehe § 3 von VDE 0165/1935 „Leitsätze für die Errichtung elektrischer Anlagen in explosionsgefährdeten Betriebsstätten und Lagerräumen" und § 3 von VDE 0166/VII. 40 „Vorschriften für die Errichtung elektrischer Anlagen in gefährdeten Räumen von Sprengstoffbetrieben".

Derartige Räume kommen vor in chemischen Fabriken, Sprengstoffbetrieben, Munitionslagern, Brikettfabriken, Benzinwäschereien, Flugzeughallen u. dgl.

i) **Elektrische Betriebsräume** sind solche Räume, die wesentlich zum Betrieb von elektrischen Maschinen, Apparaten oder Fernmeldegeräten dienen und in der Regel nur unterwiesenen Personen zugänglich sind.

k) **Abgeschlossene elektrische Betriebsräume** sind solche Räume, die wesentlich zum Betrieb von elektrischen Maschinen, Apparaten oder Fernmeldegeräten dienen und nur zeitweise von unterwiesenen Personen betreten, im übrigen aber unter Verschluß gehalten werden, der nur von beauftragten Personen geöffnet werden darf.

l) **Betriebsstätten** sind solche Räume, die im Gegensatz zu elektrischen Betriebsräumen auch anderen als elektrischen Betriebsarbeiten dienen, in denen aber die Fernmeldegeräte im allgemeinen nur von unterwiesenen Personen bedient werden (z. B. Fernsprechvermittlungen in einem Büroraum).

§ 8
Sicherheit

a) Als **feuchtigkeitssicher** werden Geräte oder ihre Teile angesehen, die sowohl bei mehr als 75% relativer Luftfeuchtigkeit als auch bei Einwirkung von Feuchtigkeitsniederschlag und Spritzwasser betriebssicher bleiben.

b) Als **wettersicher** werden Geräte oder ihre Teile angesehen, die zur Verwendung im Freien geeignet, d. h. gegen Eindringen von Staub, Feuchtigkeit, Schlagregen und gegen Verrottung geschützt sind.

c) **Grenztemperatur** ist die höchstzulässige Temperatur, die der betreffende Geräteteil bei allen vorkommenden Raumtemperaturen erreichen darf.

d) **Grenzerwärmung** ist der höchstzulässige Unterschied zwischen der Raumtemperatur und der Temperatur des betreffenden Geräteteils.

III. Bestimmungen

A. Bau

§ 9
Allgemeine Baubestimmungen

a) Die für die Geräte verwendeten Bauteile müssen den jeweilig für sie geltenden VDE-Bestimmungen sinngemäß entsprechen.

b) Für Geräte-Bauteile wird die Beachtung der bestehenden Normen[3]) empfohlen.

c) Die Geräte müssen am Hauptteil ein Ursprungs- oder Herstellerzeichen tragen.

d) Um eine irrtümliche Benutzung zu vermeiden, ist — sofern notwendig — ferner anzugeben:

Stromart,
Nennspannung,
Nennstrom oder Nennleistung,
Frequenz.

e) Bauteile (auch Wicklungen) müssen, soweit es die Abmessungen zulassen, die in den entsprechenden Normen festgelegten Bezeichnungen tragen.

f) Abdeckungen, Schutzgitter u. dgl. müssen mechanisch widerstandsfähig und zuverlässig befestigt sein. Die Schutzverkleidungen müssen so ausgebildet sein, daß die Schutzumhüllungen der Leitungen (Isolierhüllen, Beflechtungen, Mäntel der Rohrdrähte, Rohre usw.) mit in das Gerät eingeführt werden können.

g) Bei den für feuchtigkeitsgefährdete, feuchte, heiße, chemisch- und explosionsgefährdete Räume bestimmten Geräten ist der erhöhten Beanspruchung der Bauteile durch geeignete Werkstoffe und konstruktive Maßnahmen Rechnung zu tragen. Besonders sind zu beachten VDE 0170 „Vorschriften für die Ausführung schlagwettergeschützter elektrischer Maschinen, Transformatoren und Geräte" und VDE 0171 „Vorschriften für explosionsgeschützte elektrische Betriebsmittel"*).

[3]) Zur Zeit bestehen u. a. folgende Normen:

DIN	41000	Flachklemmen
DIN VDE	1501/07	Röhrensockel mit Stiften; Buchsen
„ „	1516	Einlochbefestigung
„ „	1519	Steckvorrichtung für Lautsprecher
„ „	1550	Skalenlampen
„ „	1560/65	Röhrensockel mit Seitenkontakten
„ „	1590	Betätigungsrichtung
„	46218	Leitungsösen

*) In Vorbereitung.



h) In Geräten, die an symmetrisch zu betreibenden Leitungen angeschlossen werden sollen, müssen Bauteile und Drähte elektrisch symmetrisch bemessen und angeordnet werden. Sie müssen ferner so eingebaut werden, daß durch sie keine störende Beeinflussung verursacht wird.

§ 10

Kriech- und Luftstrecken

a) Die in Tafel I angegebenen Kriech- und Luftstrecken dürfen nicht unterschritten werden.

Tafel I

1	2	3	4
Nennspannung	Kriechstrecke	Luftstrecke	
V	K mm	L_1 mm	L_2 mm
bis 100	0,5	0,5	2
über 100 bis 380	2	1,5	3
über 380 bis 550	3	2	4
über 550 bis 1000	4	3	6

L_1 Luftstrecke zwischen Spannung führenden Teilen untereinander oder zwischen Spannung führenden Teilen einerseits und geerdeten Teilen (auch Gehäuseteilen) anderseits
L_2 Luftstrecke zwischen Spannung führenden Teilen und nicht isolierten, nicht geerdeten Gehäuseteilen

b) Für Nennspannungen bis 65 V kann eine Luftstrecke L_2 = 1 mm zugelassen werden, wenn eine Verlagerung der Teile gegeneinander mit Sicherheit ausgeschlossen ist.

c) Sofern die Spannung gegen Erde nicht mehr als 65 V beträgt und durch Strombegrenzer eine schädliche Kurzschlußwirkung mit Sicherheit verhindert ist, wird für Nennspannungen bis 130 V für K und L_1 1 mm zugelassen (z. B. in der Doppelstromschaltung bei Telegraphie).

d) Für Bauteile, bei denen Niederschlag von Staub und Feuchtigkeit mit Sicherheit vermieden ist (z. B. in abgeschmolzenen Röhren), und für Bauteile, in denen bei einer bestimmten Spannung ein Überschlag eintreten soll, sind kleinere als die unter K bzw. L_1 in Tafel I angegebenen Werte zugelassen.

e) Bezüglich der Luftstrecken bei Kontakten siehe § 14b).

f) Werden Kriech- und Luftstrecken durch leitende Teile unterteilt, so muß mindestens eine Teilstrecke die in Tafel I angegebenen Abmessungen haben.

g) Die Kriech- und Luftstrecken von Vakuumstrecken mit Elektronenemission und von Kondensatoren (auch Drehkondensatoren), die ein Strom von mehr als 1 mA durchfließt, sind nicht als Isolierung, sondern als leitende Verbindung anzusehen.

§ 11

Wärmesicherheit

a) Um eine angemessene Wärmesicherheit zu erzielen, müssen Geräte so bemessen sein, daß die höchste normale Betriebsspannung und der größte normale Betriebsstrom weder sie noch ihre Umgebung unzulässig hoch erwärmen.

b) Für die im Nennbetrieb zulässigen Werte der Grenzerwärmung und -temperatur von Wicklungen gelten die Werte der Tafel II.

Geräte für aussetzenden Betrieb müssen mit der dieser Betriebsart entsprechenden Beanspruchung (Einschaltdauer und Schalthäufigkeit) betrieben werden können, ohne daß die Grenzwerte der Tafel II überschritten werden.

Tafel II. Grenzerwärmung und Grenztemperatur von Wicklungen im Nennbetrieb.

1	2	3
Isolierungsart	Grenzerwärmung[1]) °C	Grenztemperatur[1]) °C
Baumwolle, Seide, Kunstseide, Papier und ähnliche Stoffe, getränkt oder ungetränkt	60	95
Lack:		
Zelluloselack	35	70
Emaillelack	60	95
Isolierschlauch oder Schaltdraht, beflochten und lackiert		
mit Zelluloselack	35	70
mit Emaillelack	60	95

[1]) Bei Raumtemperaturen unter 35° gelten die Werte für die Grenzerwärmung, über 35° die für die Grenztemperatur.

c) Für Leistung abgebende Geräte (z. B. Netzanschlußgeräte, auch Netzanschlußteile von Fernmeldegeräten) gelten bei Kurzschluß im Verbraucherkreise die Werte der Tafel III.

Der Schutz gegen unzulässige Erwärmung bei Kurzschluß kann auch durch Vorrichtungen erfolgen, die den Strom abschalten oder auf einen für das Gerät ungefährlichen Wert begrenzen. Auch dann dürfen die Temperaturwerte der Tafel III bis zur Abschaltung nicht überschritten werden.

Bei ortsveränderlichen Geräten müssen diese Vorrichtungen fest mit dem Gerät verbunden sein. Bei Verwendung von Abschmelzsicherungen ist die Abschmelzstromstärke anzugeben.

Tafel III. Grenzerwärmung und Grenztemperatur von Wicklungen bei Kurzschluß.

1	2	3
Isolierungsart	Grenzerwärmung[1]) °C	Grenztemperatur[1]) °C
Baumwolle, Seide, Kunstseide, Papier und ähnliche Stoffe, getränkt oder ungetränkt	100	135
Lack:		
Zelluloselack	55	90
Emaillelack	120	155
Isolierschlauch oder Schaltdraht, beflochten und lackiert		
mit Zelluloselack	55	90
mit Emaillelack	100	135

[1]) Bei Raumtemperatur unter 35° gelten die Werte für die Grenzerwärmung, über 35° die für die Grenztemperatur.

d) Die Grenzerwärmung des Gehäuses sowie der Teile, die der Berührung zugänglich sind, darf an keiner Stelle 50° überschreiten. Hiervon kann bei Geräten für elektrische Betriebsräume und abgeschlossene elektrische Betriebsräume abgewichen werden. Bei Bedienungsteilen ist dieser Wert jedoch überall auf 30° beschränkt.

e) Vergußmassen müssen den Bestimmungen in VDE 0350 „Leitsätze für die Prüfung von Vergußmassen für Geräte unter 1000 V Nennspannung" genügen.

f) Bei verschiedenen Isolierungsarten der Wicklungen (z. B. Emaille- und Zelluloselack) gelten die jeweils niedrigeren Werte der Tafel II bzw. III.

g) Werden Tränkmittel verwendet, so dürfen diese weder im Nennbetrieb noch bei Kurzschluß gemäß c) tropfbar weich werden.

§ 12

Berührungsschutz

a) Spannung führende Teile im Handbereich müssen der zufälligen Berührung entzogen sein. Dieses gilt auch für solche Teile, die Spannungen annehmen können, die im Innern des Gerätes (z. B. induktiv) erzeugt werden.

b) Von dem Schutz gegen zufälliges Berühren der unter Spannung gegen Erde stehenden Teile von Stromkreisen kann insoweit abgesehen werden, als dieser Schutz nach den örtlichen Verhältnissen entbehrlich oder der Bedienung oder Beaufsichtigung hinderlich ist, und zwar:

1. bei Rundfunkgeräten nach VDE 0860 bei Spannungen bis 42 V gegen Erde,
2. in Betriebsstätten bei Gleichspannungen bis 65 V gegen Erde,
3. in elektrischen Betriebsräumen bei Spannungen bis 250 V gegen Erde,
4. in abgeschlossenen elektrischen Betriebsräumen bei Spannungen bis 1000 V.

c) Betätigungsteile müssen den Bestimmungen des § 17 genügen.

d) Lack-, Emaille-, Oxyd-Schichten und ähnliche Schutzüberzüge gelten nicht als Isolierung im Sinne des Berührungsschutzes.

e) Metallene Gehäuse und Abdeckungen von Geräten, deren Teile betriebsmäßig höhere Spannungen als 250 V führen, müssen einen Schutzleitungsanschluß (z. B. Erdungsschraube) haben, der mit sämtlichen, nicht Spannung führenden, aber der Berührung zugänglichen Metallteilen leitend verbunden ist. Ausgenommen von dieser Vorschrift sind Rundfunkgeräte nach VDE 0860.

f) Metallene Gehäuse und Abdeckungen von Geräten, die betriebsmäßig höhere Spannungen als 65 V gegen Erde führen, müssen ebenfalls Schutzleitungsanschluß (z. B. Erdungsschraube) erhalten, wenn sie für feuchte Räume bestimmt sind und der Berührungsstrom mehr als 0,4 mA beträgt.

g) Soweit unter e) und f) Anschlußschrauben für Schutzerdung, Nullung oder Schutzschaltung vorgeschrieben sind, sind sie nach § 5 von VDE 0570/I. 40 „Regeln für Klemmenbezeichnungen" zu kennzeichnen und derart anzuordnen und auszubilden, daß sie für den Anschluß einer Schutzleitung von mindestens 2,5 mm² ausreichen.



Für Fernmeldeeinzelteile (auch ganze Geräte), die üblicherweise in Gestellen verwendet und durch Löten angeschlossen werden, kann auf den Schutzleitungsanschluß verzichtet werden, wenn deren Gehäuse oder Körper leitend mit dem Gestell und dadurch mit Erde verbunden sind. Ist dieses nicht sichergestellt, so ist an den Einzelteilen (auch ganzen Geräten) eine Anschlußmöglichkeit von mindestens 1 mm² vorzusehen.

§ 13

Trennung der Geräteteile und Leitungen, die Spannungen über 100 V gegen Erde führen

a) In Geräten, in denen neben anderen auch Betriebsspannungen über 100 V gegen Erde verwendet werden, die als Netzspannungen aus einem der öffentlichen Versorgung dienenden Starkstromnetz entnommen werden, sind die im Betrieb zugänglichen Anschlüsse für diese Spannungen von allen anderen getrennt in einem solchen Abstand anzubringen, daß ihre Überbrückung durch Werkzeuge bei deren üblichem Gebrauch ausgeschlossen wird. [Bezüglich der Bezeichnungen siehe § 16a)]. Dieses ist auch für Geräte anzuwenden, in denen neben anderen auch Betriebsspannungen über 100 V aus eigenen Stromversorgungsanlagen verwendet werden, wenn diese nicht einpolig mit den anderen Betriebsspannungen zusammengelegt sind, wie es bei Verstärkerschaltungen u. dgl. vorkommt.

b) In Fernmeldegeräten nach § 2d) dürfen Leitungen nur in einem gemeinsamen Rohr verlegt oder in einem Kabel ausgeformt werden, sofern alle Drähte bzw. Kabeladern der höchsten Spannung entsprechend isoliert sind.

§ 14

Kontakte

a) Teile, an denen betriebsmäßig Stromunterbrechungen auftreten, müssen so gebaut sein, daß bei ordnungsmäßigem Betrieb kein Lichtbogen stehenbleibt, daß keine den Betrieb und die Lebensdauer beeinträchtigende Erwärmung und Abnutzung eintritt und Rundfunkstörungen möglichst vermieden werden[4]).

b) Die in § 10a) angegebenen Werte L_1 für Luftstrecken gelten nicht für die Trennstellen von Kontakten.

§ 15

Verbindungen

a) Die Verbindungen von Leitungen untereinander sowie die Abzweigungen von Leitungen dürfen nur durch Löten, Verschrauben, Schweißen, Nieten oder mittels Quetsch- und Würgehülsen hergestellt werden. Die Leiter dürfen dadurch nicht beschädigt werden.

b) Sollen Drähte durch Klemmschrauben befestigt werden, so sind die Drähte entweder mit Kabelschuhen versehen oder zu Ösen gebogen anzuschließen, wenn nicht bereits die Ausführung der Schraubklemme selbst ein seitliches Ausweichen der Drähte verhindert. Sollen mehrere Drähte mit gebogenen Ösen unter einer Klemmschraube befestigt werden, so sind Unterlegscheiben zwischen die Drahtösen zu legen, falls nicht durch die Form der Schraubklemme selbst ein seitliches Ausweichen der Drähte verhindert wird.

c) Die Verbindung Strom führender Teile muß korrosionsfest und so ausgeführt sein, daß sie sich im Betrieb nicht durch Erwärmung, Veränderung der Werkstoffe oder durch Erschütterungen lockert.

§ 16

Anschluß- und Verbindungsleitungen sowie Verdrahtungen

a) Die Anschlußstellen für die von außen heranzuführenden Leitungen sind nach Möglichkeit deutlich zu bezeichnen. Dieses muß geschehen, wenn eine Verwechslung der anzuschließenden Leitungen eine Beschädigung des Gerätes verursachen kann.

b) Die für die Einführung der Leitungen in die Geräte bestimmten Öffnungen und Kanäle müssen so ausgebildet sein, daß eine Verletzung der Isolierhüllen der Leitungen ausgeschlossen ist. Die Leitungen müssen gegen benachbarte leitende Teile so ausreichend isoliert sein, daß der für das Gerät vorgeschriebene Isolationswert nicht unterschritten wird (siehe § 24 „Isolationsprüfung").

Bei ortsveränderlichen Geräten müssen die Anschlußstellen der Leitungen von Zug entlastet, die Leitungsumhüllungen gegen Abstreifen und die Leitungsadern gegen Verdrehen gesichert sein.

c) Leitungen innerhalb der Geräte können als Blankverdrahtung ausgeführt werden. Dabei dürfen die Luftstrecken nach § 10 auch bei Verlagerung (z. B. durch Erschütterungen oder Wärme) nicht unterschritten werden.

Die Anschluß- und Verbindungsleitungen der Geräte sowie isolierte Leitungen innerhalb von Geräten müssen den Vorschriften VDE 0810 „Vorschriften für isolierte Leitungen in Fernmeldeanlagen" oder VDE 0250 „Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen" entsprechen oder diesen gleichwertig sein. Für Stromkreise mit Spannungen von mehr als 100 V gegen Erde dürfen nur Leitungen verwendet werden, deren Isolierhülle unter den in Betracht kommenden Betriebsbedingungen eine Prüfspannung von etwa dem 3,25fachen Wert der Betriebsspannung, mindestens jedoch 1000 V, aushält.

§ 17

Schaltvorrichtungen

a) Betätigungsteile auch für die Schaltvorrichtungen (Druckknöpfe, Drucktasten, Zugschalter oder Schaltergriffe usw.) müssen entweder aus Isolierstoff bestehen oder, wenn sie aus leitendem Werkstoff bestehen, so angeordnet werden, daß sie keine Spannung annehmen können. Hierzu genügt eine Isolierung zwischen den Spannung führenden Metallteilen und den aus leitendem Werkstoff bestehenden Teilen.

b) Bei Spannungen von mehr als 250 V gegen Erde müssen die Betätigungsteile entweder aus Isolierstoff bestehen oder mit Isolierstoff umgeben oder ausgekleidet sein.

Hiervon kann abgesehen werden, wenn das metallene Gehäuse mit Schutzleitungsanschluß versehen ist und die Betätigungsteile in gut leitender Verbindung mit dem Gehäuse stehen.

c) Schalter in der Art der Installationsschalter für Betriebsspannungen über 100 V müssen VDE 0610 „Vorschriften, Regeln und Normen für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial bis 750 V Nennspannung" und VDE 0630 „Vorschriften für Geräteschalter" entsprechen, wenn sie Stromstärken über 0,35 A zu schalten haben.

d) Die festen Schaltstellungen müssen durch Rasten oder dgl. gesichert sein.

e) In Geräten für verschiedene Nennspannungen muß die Umschaltvorrichtung, sofern sie von außen bedienbar sein soll, so gebaut sein, daß die Umschaltung auf eine andere Spannung nicht durch einen Handgriff, sondern nur mit Hilfe von Werkzeugen ausführbar ist. Die jeweils eingestellte Nennspannung muß am Hauptteil des Gerätes erkennbar oder die Anschlußklemmen müssen entsprechend bezeichnet sein.

§ 18

Steckvorrichtungen

a) Für den Anschluß ortsveränderlicher Fernmeldegeräte mit Betriebsspannungen unter 100 V dürfen für zwei- oder mehradrige Verbindungen mit Ausnahme des Netzanschlusses nur zwei- und mehrpolige Stecker verwendet werden, die nicht in genormte Steckdosen nach DIN 49402, 49404, 49410, 49414, 49424, 49440, 49442 und 49450 eingeführt werden können.

Bei einadrigen Anschlüssen sollen Steckvorrichtungen vermieden werden, die sich in diese genormten Steckdosen einführen lassen.

b) Wenn Geräte über eine Gerätesteckvorrichtung angeschlossen werden, so muß die Dose (Hohlkontakt) mit der Stromquelle und der Stecker (Vollkontakt) mit dem Gerät verbunden sein. Abweichungen sind nur zulässig, wenn auch die einzelnen Steckerstifte berührungssicher ausgebildet sind.

§ 19

Abdeckungen

a) Bei Spannungen bis 65 V gegen Erde müssen die zum Schutz gegen zufällige Berührung dienenden Abdeckungen gegen unbeabsichtigtes Lösen gesichert sein.

b) Bei Spannungen von 65 bis 250 V gegen Erde müssen sie mit einer besonderen Befestigung versehen sein, die auch von Hand (also ohne Werkzeug) lösbar sein darf [Renk-(Bajonett)-Verschluß, Feder, Flügelschraube usw.].

c) Bei Spannungen über 250 V müssen sie mit einer Befestigung versehen sein, die ausschließlich mittels Werkzeugs gelöst werden kann.

§ 20

Geräte für feuchtigkeitsgefährdete und feuchte Räume sowie wettersichere Geräte

a) Bei Geräten mit Schutz gegen Eindringen von festen Fremdkörpern, Wasser oder sonstigen Stoffen gilt für die Kennzeichnung der Schutzart DIN VDE 50.

b) Die Stellen, an denen die Leitungen in das Innere der Gehäuse eingeführt werden, und sonstige Öffnungen sind entsprechend der gewählten Schutzart auszuführen.

---

[4]) Siehe auch VDE 0874 „Leitsätze für Maßnahmen an Maschinen und Geräten zur Verminderung von Rundfunkstörungen", und VDE 0875 „Regeln für die Hochfrequenzentstörung von elektrischen Maschinen und Geräten für Nennleistungen bis 500 W".



c) Die Zuleitungen zu derartigen Geräten müssen feuchtigkeitssicher isoliert sein. Kabelenden mit nicht feuchtigkeitssicherer Aderisolierung müssen durch Endverschlüsse, bei denen die Anschlußstellen ebenfalls feuchtigkeitssicher abgeschlossen sind, geschützt werden.

B. Prüfungen

§ 21
Allgemeines

a) Die Prüfung ist eine Typenprüfung.

b) Für die Prüfung sind Geräte zu verwenden, deren Zustand dem Endzustand der Fabrikation des betreffenden Gerätetyps entspricht. Die Geräte müssen in betriebsfähigem Zustand geprüft werden. Die in ein Gerät eingebauten Einzelteile werden nicht gesondert geprüft. Ausbau einzelner Teile, mit Ausnahme von Schnüren, ist nicht gestattet; für Schnüre gilt VDE 0810.

c) Die elektrischen Prüfungen werden mit der Stromart durchgeführt, für die das Gerät gebaut ist. Ist das Gerät für mehrere Stromarten oder Spannungen gebaut, so wird die einzelne Prüfung mit der jeweils ungünstigsten Stromart oder Spannung durchgeführt.

d) Die Prüfungen werden in der Reihenfolge der nachfolgenden Paragraphen vorgenommen.

e) Sofern in den Vorschriften für den Bau Erleichterungen vorgesehen sind, z. B. für Geräte in Betriebsräumen, entfallen sinngemäß die entsprechenden Prüfungen.

§ 22
Berührungsschutzprüfung

a) Zur Feststellung von Berührungsspannungen, die z. B. infolge von Isolationsfehlern oder Entladungserscheinungen auftreten können, dient die in Bild 1 angegebene Vorrichtung.

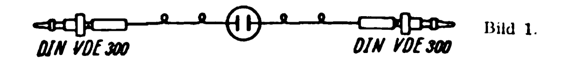


Bild 1.

Die Schnur soll eine Gesamtlänge (Hin- und Rückleitung) von 2,5 m haben. Als Anzeigegerät ist eine kleine Glimmlampe mit einer Zündspannung von etwa 90 V zu verwenden.

Das zu prüfende Gerät ist betriebsmäßig anzuschließen und isoliert aufzustellen. Mit den beiden Tastfingern der Prüfvorrichtung sind sämtliche der Berührung zugänglichen Metallteile — besonders auch metallene Betätigungsteile — in beliebiger Reihenfolge untereinander und gegen Erde, bei nicht geerdeten Stromquellen auch gegen jeden Pol dieser Stromquellen abzutasten.

Bei dieser Prüfung darf die Glimmlampe auch kurzzeitig nicht zum Zünden gebracht werden.

b) An Geräteteilen, für die Ausnahmen nach § 12b) zugelassen sind, ist die Messung der Berührungsspannung mit der Vorrichtung nach Bild 1, jedoch mit einem Spannungsmesser statt der Glimmlampe vorzunehmen.

Der Spannungsmesser soll einen Meßbereich von jeweils etwa dem doppelten Wert der in § 12b) angegebenen Spannungen und einen Eigenwiderstand von mindestens 330 Ω/V haben.

Bei dieser Prüfung dürfen keine höheren als die in § 12 zugelassenen Spannungen angezeigt werden.

c) Zur Feststellung des Berührungsstromes wird in die Prüfvorrichtung nach Bild 1 an Stelle der Glimmlampe ein Strommesser von kleinem Eigenwiderstand geschaltet.

Der Berührungsstrom ist wie unter a) zwischen sämtlichen der Berührung zugänglichen Metallteilen — besonders auch metallenen Betätigungsteilen — in beliebiger Reihenfolge untereinander und gegen Erde, bei nicht geerdeten Stromquellen auch gegen jeden Pol dieser Stromquellen zu messen. Er darf bei betriebsmäßig nicht geerdeten Geräten nicht größer als 0,4 mA, bei betriebsmäßig geerdeten Geräten nicht größer als 3,5 mA sein.

An Geräteteilen, für die Ausnahmen nach § 12b) zugelassen sind, ist diese Prüfung nicht vorzunehmen.

Die Prüfung des Berührungsstromes von Rundfunkgeräten wird nach VDE 0860 vorgenommen.

§ 23
Erwärmungsprüfung

a) Meßverfahren für Wicklungen: Errechnung aus der Widerstandszunahme.

Meßverfahren für andere Teile: Messung mit Thermoelementen oder Thermometern.

b) Erwärmungsprüfung der Strom verbrauchenden Geräte.

Bei Nennbetrieb der Geräte darf die Temperatur der Wicklungen nach Erreichen ihres Höchstwertes die in § 11, Tafel II angegebenen Werte nicht überschreiten.

Gehäuse, Bedienungsteile sowie die der Berührung zugänglichen Teile dürfen die in § 11d) angegebene Grenzerwärmung nicht überschreiten.

Andere Bauteile dürfen bei Nennbetrieb keine die Wirkungsweise oder Sicherheit beeinträchtigende Temperatur annehmen.

c) Erwärmungsprüfung der Leistung abgebenden Geräte.

Bei Nennbetrieb darf die Temperatur der Wicklungen nach Erreichen ihres Höchstwertes die in § 11, Tafel II angegebenen Werte nicht überschreiten.

Bei Betrieb mit kurzgeschlossenen Anschlußstellen für Stromabgabe darf die Temperatur der Wicklungen, nachdem sie ihren Höchstwert erreicht hat, die in § 11, Tafel III angegebenen Werte nicht überschreiten.

§ 24
Isolationsprüfung

a) Vor der Isolationsprüfung werden die Geräte 24 h in einem Raum mit 80% relativer Luftfeuchtigkeit bei einer Raumtemperatur von etwa 20° gelagert[5]).

In unmittelbarem Anschluß daran ist der Isolationswiderstand mit Gleichspannung von 100 bis 110 V 1 min nach Anlegen derselben zu messen. Er muß für das ganze Gerät zwischen den untereinander verbundenen, Spannung führenden Teilen und dem Gehäuse, sowie bei Geräten nach § 2d) und bei Geräten mit Netzanschluß zwischen dem Starkstromkreis und den untereinander verbundenen Fernmeldekreisen mindestens 1 MΩ betragen.

Bei Geräten, die eine Mehrzahl gleichartiger Einheiten enthalten (z. B. Wählergestelle mit 20 Wählern), gilt dieser Wert für jede einzelne Einheit.

Bei Geräten, bei denen betriebsmäßig der eine Pol mit dem Gehäuse verbunden ist, ist diese Verbindung für die Dauer der Prüfung aufzutrennen.

b) Bei Geräten für feuchtigkeitsgefährdete oder feuchte Räume ist die Vorbehandlung nach a) auf 4 Tage auszudehnen. Der Isolationswert darf dann 6 MΩ nicht unterschreiten.

§ 25
Spannungsprüfung

a) In unmittelbarem Anschluß an die Isolationsprüfung ist die Spannungsprüfung zwischen den Spannung führenden Teilen und den der Berührung zugänglichen Metallteilen durchzuführen.

Bei Geräten, bei denen betriebsmäßig der eine Pol mit dem Gehäuse verbunden ist, ist diese Verbindung für die Dauer der Prüfung aufzutrennen.

Bei der Prüfung ist ein Austrocknen der Prüflinge zu vermeiden.

Die unter b) und c) angegebenen Spannungswerte müssen 1 min ausgehalten werden, ohne daß Durchschlag oder Überschlag erfolgt. Die Einschaltspannung darf nur den halben Wert der vorgeschriebenen Prüfspannung haben und ist allmählich innerhalb 10 s auf den vollen Wert zu steigern; hierbei darf nach weiteren 10 s kein größerer Strom als 4 mA fließen.

b) Für die Spannungsprüfung gelten die Werte der Tafel IV.

Tafel IV.

1	2	3	4
Betriebsspannung der einzelnen Stromkreise des Gerätes	Wechselstrom		Gleichstrom
	Prüffrequenz	Prüfspannung	Prüfspannung
V	Hz	V	V
bis 65	50	220	300
über 65 bis 100	50	380	550
über 100 bis 250	50	500	700
über 250 bis 1000	50	3 U, mind. 1000	3 U, mind. 1000

c) Bei Geräten nach § 2d) sowie bei Geräten mit Netzanschluß wird der Starkstromkreis gegen Gehäuse und gegen die untereinander verbundenen Fernmeldekreise mit einer Spannung gleich dem 3,25 fachen der Netzspannung, mindestens jedoch mit 1000 V geprüft.

§ 26
Gebrauchsprüfung

Im Anschluß an die Spannungsprüfung (§ 25) sind die Geräte 10 h lang einer Prüfung in Gebrauchslage bei Nennbetrieb zu unterziehen. Danach ist die Spannungsprüfung gemäß § 25 zu wiederholen.

[5]) Siehe auch VDE 0308 „Leitsätze für die Erzeugung bestimmter Luftfeuchtigkeit zur Prüfung elektrischer Isolierstoffe."



RUNDSCHAU

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung

DK 621.316.57(47)

Russische Untersuchungen an Leistungsschaltern mit gasabgebendem Kammermaterial. [Nach E. M. Zeirow, Elektritchestwo 60 (1940) H. 1, S. 60; 2 S., 5 B. und J. W. Butkewitsch und A. M. Melkunow, Bulletin des WEI, Moskau (1940) H. 5/6, S. 1; 7½ S., 13 B.]

Die Löscheinrichtung besteht aus einer rohrförmigen Kammer, aus deren Wandung der Lichtbogen das Löschmedium bildet. Es werden die Abbrandmengen gemessen und neue Kammerformen mit längerer Lebensdauer geschaffen. Um die günstigste Ausschaltgeschwindigkeit zu ermitteln

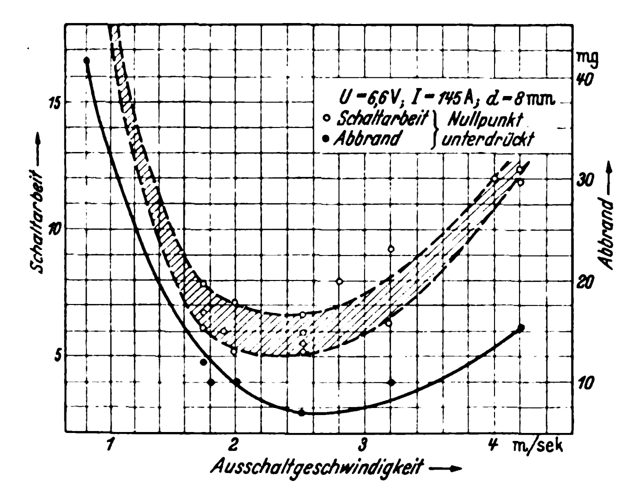


Bild 1. Abbrand und Schaltarbeit in Abhängigkeit von der Ausschaltgeschwindigkeit.

werden zwei Ansätze gemacht: für die Lichtbogendauer: $t_a = s/v + 0,005$ und für die Lichtbogenspannung: $u_B = 3860 \cdot v\,t + 25$. Hierin bedeutet s die Mindestlöschdistanz und v die mittlere Ausschaltgeschwindigkeit in m/s. Die Konstante 0,005 in der Gleichung für die Lichtbogendauer soll die Streuung bei 50periodigem Wechselstrom berücksichtigen und einen Mittelwert zwischen der maximalen Streuung = 1 HW und 0 darstellen. Die Abhängigkeit der Lichtbogenspannung u_B von der Zeit wurde aus Versuchen ermittelt. Die kleinste Schaltarbeit soll nun bei einer Löschdistanz von $s = 0,1$ m eine optimale Ausschaltgeschwindigkeit von 21,3 m/s ergeben. (Anm. d. Berichters: Diese Ableitung ist nicht exakt. Wie Kesselring und Koppelmann[1]) dargelegt haben, beträgt bei Einphasenwechselstrom die natürliche Streuung der Lichtbogendauer $\Delta t = 1$ HW, bei Drehstrom $^5/_6$ dieses Wertes. Zur Ermittlung der günstigsten Ausschaltgeschwindigkeit ist die ganze Streuung, nicht etwa ein Mittelwert, einzusetzen, und es ergibt sich bei linear ansteigender Lichtbogenspannung für die günstigste Ausschaltgeschwindigkeit der einfache Ausdruck $v_{opt} = s/\Delta t$. Für die oben angenommene Löschdistanz $s = 0,1$ m wird somit $v_{opt} = 12$ m/s bei Drehstrom.)

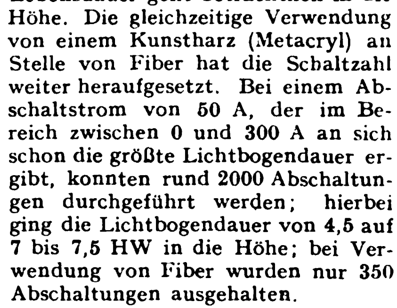
Die Versuche haben ergeben, daß die günstigste Ausschaltgeschwindigkeit noch wesentlich niedriger liegt, nämlich zwischen 2 und 3 m/s. Der Verfasser führt das darauf zurück, daß die Löschdistanz keine Konstante, sondern von der Schaltgeschwindigkeit abhängig sei. Aus den Versuchen will er folgende Abhängigkeit ermittelt haben: $s = a + b\,v$, wobei $a = 0,055$ und $b = 0,015$ ist. Damit errechnet sich die günstigste Ausschaltgeschwindigkeit zu $v_{opt} = 3,1$ m/s, was mit den genannten Versuchsergebnissen gut übereinstimmt. Um die Abhängigkeit der Löschdistanz von der Schaltgeschwindigkeit physikalisch zu deuten, wird angenommen, daß die Bildung von Gas aus der Kammerwandung eine gewisse Zeit beansprucht, so daß bei sehr großen Ausschaltgeschwindigkeiten noch weniger Gas gebildet wird, als der verkürzten Lichtbogendauer entspricht.

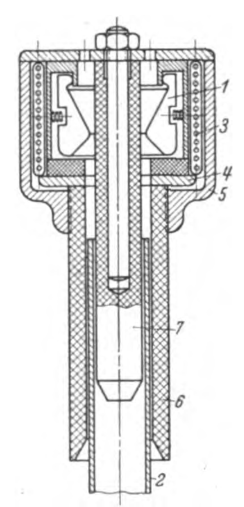
[1]) Arch. Elektrotechn. 29 (1935) S. 7 und 9.

In Bild 1 sind einige Versuchsergebnisse dargestellt. Sowohl die Schaltarbeit als auch die Abbrandmenge weisen in ihrer Abhängigkeit von der Schaltgeschwindigkeit ein ausgesprochenes Minimum zwischen 2 und 3 m/s auf. Bei diesen Versuchen brannten die Rohre, in denen der Lichtbogen gezogen wurde, nur am offenen Ende auf, dabei bildeten sich nach relativ wenig Abschaltungen bereits 1 mm dicke, verkohlte Schichten.

Als gasabgebendes Material wurden drei Arten von Fiber benutzt: weiße, schwarze und rote Fiber, von denen die letztere trotz ihres höheren Aschengehaltes die besten Ergebnisse brachte. Von weißer Fiber wurden bei den ersten 30 Abschaltungen rund 20 mg je Abschaltung vergast. Je weiter die Rohre aufbrannten, desto größer wurde die Lichtbogendauer und damit auch die vergaste Fibermenge, welche schließlich auf 100 mg je Abschaltung anstieg. Bei roter Fiber konnten mehrere hundert Abschaltungen ohne Auswechselung der Fiberrohre durchgeführt werden. Um die Schalthäufigkeit zu verbessern, wurde nach Vorschlag des Verfassers ein Radialmagnetfeld angesetzt, welches den Lichtbogen in rotierende Bewegung bringt. Die Felddichte betrug 100 bis 200 Gauß. Die Verbesserung war außerordentlich: es konnten Stromstärken bis zu 500 A mehrere tausend Mal ohne nennenswerte Beschädigung unterbrochen werden.

Genauere Angaben über die bei diesen Versuchen benutzte Schaltkammer mit magnetischem Blasfeld geben Butkewitsch und Melkunow in dem an zweiter Stelle genannten Aufsatz. Die Kammer ist in Bild 2 im Schnitt dargestellt. Das bewegliche Schaltstück besteht in bekannter Weise aus einem dünnwandigen Rohr *2*, welches in dem Spalt zwischen Isolierrohr *6* und Isolierstift *7* aus gasabgebendem Material bewegt wird. Beim Abschalten springt der Lichtbogen von den Kontaktlamellen *1* auf einen Kupferring *4* über, dadurch wird die Spule *3* in den Stromkreis eingeschaltet und erzeugt im Lichtbogenspalt ein Magnetfeld mit radialer Komponente, die den Lichtbogen im Spalt zum Rotieren bringt. Dadurch wird die Abnutzung des Isoliermaterials gleichmäßig auf den ganzen Umfang verteilt und die Lebensdauer geht beträchtlich in die Höhe. Die gleichzeitige Verwendung von einem Kunstharz (Metacryl) an Stelle von Fiber hat die Schaltzahl weiter heraufgesetzt. Bei einem Abschaltstrom von 50 A, der im Bereich zwischen 0 und 300 A an sich schon die größte Lichtbogendauer ergibt, konnten rund 2000 Abschaltungen durchgeführt werden; hierbei ging die Lichtbogendauer von 4,5 auf 7 bis 7,5 HW in die Höhe; bei Verwendung von Fiber wurden nur 350 Abschaltungen ausgehalten.





1 feststehendes Schaltstück mit Lamellen
2 rohrförmiges, bewegtes Schaltstück
3 Spule
4 Kupferring
5 Gehäuse
6, *7* Kammerteile aus gasabgebendem Material

Bild 2. Schaltkammer mit Radialmagnetfeld.

Mit der einfachen Schalteinrichtung ohne Magnetfeld wurden schließlich einige weitere Kunstharze untersucht. Der spez. Verbrauch sowie die erzeugte Gasmenge sind in der nachstehenden Tafel angeführt:

Werkstoff	mittlerer Verbrauch in mg je Abschaltung	Gasmenge in cm³ aus 1 g Werkstoff
rote Fiber	32	1320
Urino-Formaldehyd-Harz	23	1580
Chlorvinyl-Harz	25	—
Metacryl-Harz	17	2090

[Anm. des Berichters: Bei den in Deutschland gebräuchlichen Schaltern dieser Art, welche unter dem Namen „Hart-



gasschalter" im Handel sind und sich schon in der Praxis bestens bewährt haben, wird eine günstige Löschwirkung und geringer Abbrand der Kammerwandung auch ohne Magnetfeld erreicht. Die dabei verwendeten Kunststoffe besitzen gegenüber Fiber noch eine wesentlich höhere Schaltfestigkeit als die hier genannten Kunstharze[1].] *W. Kn.*

DK 621.315.1 : 621.316.93

Amerikanische Gewitteruntersuchungen an Hochspannungsleitungen. [Nach W. W. Lewis u. C. M. Foust, Electr. Engng. 59 (1940) Transactions S. 227; 5½ S., 5 B. — Disk. 1½ S.]

W. W. Lewis und C. M. Foust veröffentlichen ihren siebenten Bericht über Gewitteruntersuchungen an Freileitungen. Nach Messungen an sieben Leitungen von 66 bis 220 kV während der Jahre 1933 bis 1936 weisen 734 Einschläge eine ähnliche verhältnisgleiche Aufteilung der Größe der Blitzströme und der in den Masten abfließenden Ströme auf, wie sie sich bereits aus vorhergehenden Messungen ergeben hat. Es liegen wieder annähernd 10% aller Blitzströme über 60 kA und 10% aller Mastströme über 40 kA. Als obere Grenze des Blitzstromes können etwa 150 kA gelten. Einschläge mit Strömen unter 5 kA werden als noch viel häufiger angenommen, als gemessen worden sind, da hier die Ansprechgrenze der Stahlstäbchen, die für die Untersuchungen benutzt wurden, liegt. 93% der Einschläge waren negativ und 7% positiv. Die Verfasser kommen zu dem Ergebnis, was auch teilweise bei deutschen Stahlstäbchenmessungen gefunden wurde, daß innerhalb eines gesamten Blitzschlages die Polarität der einzelnen Entladungen wechseln kann, so daß eine Schwingung vorgetäuscht wird. Zum Beweis werden Aufnahmen und Messungen von Blitzeinschlägen in das Empire State Building[2] angeführt.

Die in den geerdeten Teilen der Leitung abfließenden Blitzströme sind nicht nur wie bei früheren Messungen an den Mastfüßen, sondern auch an den Mastspitzen, Erdseilen und Erdern gemessen worden. Hierbei finden die Verfasser, daß die im Verbindungspunkt der Erdseile mit dem Mast zu- und abfließenden Ströme nur in 25% der Fälle übereinstimmen, während in 50% die zufließenden Ströme größer und in 25% kleiner als die vom Knotenpunkt abfließenden Ströme sind. Als Ursache hierfür werden sich überschneidende Wellen, Beeinflussung der Meßstellen durch andere als die zugehörigen Ströme, Ummagnetisierung durch Schwingungen oder rückläufige Ströme und nicht gleichzeitiges Auftreten der Scheitelwerte der Ströme an den einzelnen Meßstellen angegeben.

Bei den deutschen Stahlstäbchenmessungen tritt, sofern die Erdseilstäbchen zu dicht am Mast angeordnet sind, auch eine Beeinflussung dieser durch den Maststrom ein, die aber in mäßigen Grenzen bleibt und ermittelt werden kann. Diese Unterschiede wie bei den amerikanischen Messungen sind bisher nicht festgestellt worden. Die Ursache hierfür könnte vielleicht in dem Aufbau der Stahlstäbchen aus lamellierten Eisenblechen im Gegensatz zu den deutschen Stahlstäbchen aus feinen Drähten und in der Auswahl der Stäbchen zu suchen sein.

Aufschlußreich sind Messungen über die in verschiedenen Erdern abfließenden Ströme, durch die die Wirksamkeit der einzelnen Erderanordnungen beurteilt werden kann. Es handelt sich hierbei um Erdungen in schlecht leitendem Boden. Im allgemeinen werden Bodenseil und Strahlenerder benutzt. Durch Einbau von Stahlstäben an die Mastfüße und an den Anschluß der Erder an den Mast konnte jeweils der gesamte in die Erde fließende Strom und die Aufnahme der einzelnen Erder bestimmt werden. Meßergebnisse wurden an den in Bild 3 dargestellten Erderanordnungen gewonnen. Hierbei ergaben sich die in Tafel 1 wiedergegebenen Stromverteilungen, aus denen dann mittels der gemessenen Mastfußwiderstände die wirksamen Erderwiderstände berechnet wurden. Die angegebenen Werte sind Mittelwerte der zu jeder Anordnung gehörigen Fälle.

Tafel 1. Gemessene Stromverteilung in den Mastfüßen und Erdern nach Bild 3.

Anordnung	Mastfuß und Erder Nr.	Strom in den Mastfüßen %	Strom in den Erdern %	Strom in den Mastfußerdungen %	gemessener Mastfußwiderstand Ω	berechneter wirksamer Erderwiderstand Ω
a	1+2	100	69	31		
a	1+2+3+4	100	58	42	69	50
b	1+2+3+4	100	42	58	47	65
c	1+2+3+4	100	70	30 [1]	91	39
c	3	100	72	28		
d	1+4	100	78	22	129	36 [2]
e	1+2+3+4	100	60 [3]	40	135	[4]

Anordnung	Strom in den drei Mastfüßen %	Strom im Erder 1 %	Strom im Erder 2 und 3 %	Strom in den Mastfußerdungen %	gemessener Mastfußwiderstand Ω	gemessener Rohrerder u. Mastfußwiderstand Ω	berechneter wirksamer Bodenseil- bzw. Strahlenwiderstand Ω
f	100	38	43	19			
g	100	18	81	1	231	13	61
h	100	77	22	1	808	13	46

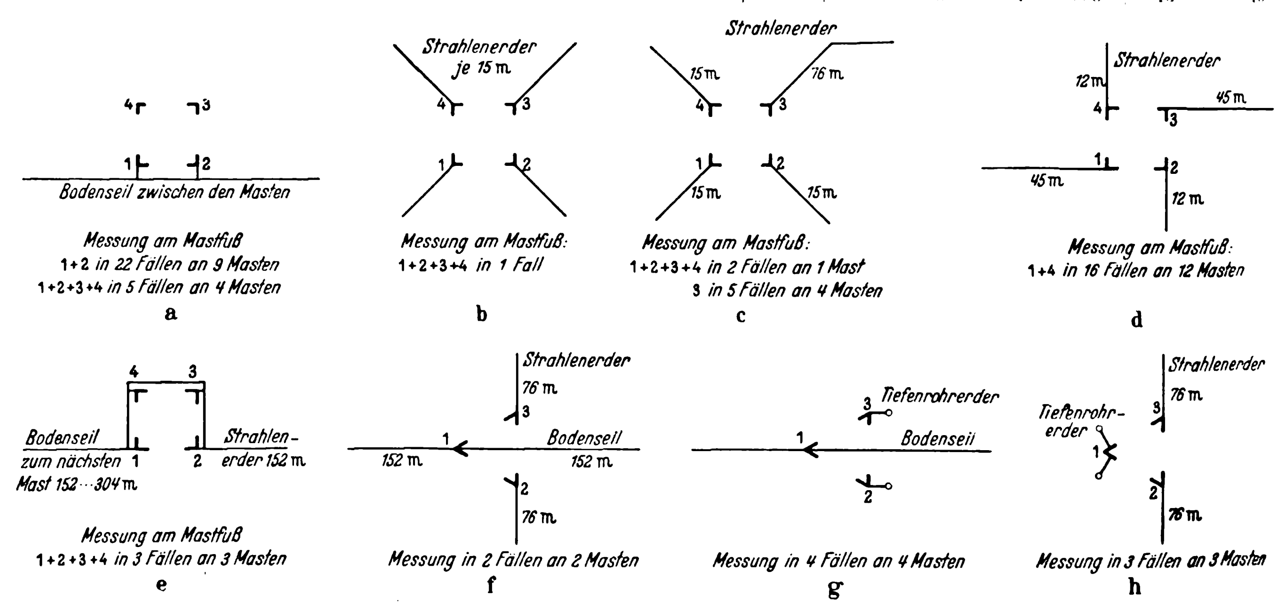


Bild 3. Erderanordnungen der untersuchten Masten.

Die Bodenseile führen 40 bis 80%, die Mastfüße selbst 60 bis 20% der in den Masten abfließenden Ströme ab. Der Vergleich mit Strahlenerdern läßt darauf schließen, daß nicht immer die ganze Länge der Bodenseile nutzbar ist. Tiefenrohrerder, die in gut leitfähige Schichten führen, haben sich gegenüber den Strahlenerdern als sehr wirksam erwiesen. *Btz.*

[1] O. Mayr, ETZ 56 (1935) S. 1189. — Z. VDI 84 (1940) S. 321.
[2] K. B. McEachron, Lightning to the Empire State Building. Franklin Inst. J. 227 (1939) Nr. 2.

[1] Länge des Strahlenerders 1 beträgt 62.5% der gesamten Strahlenlänge, der Stromabfluß in ihm 68% der gesamten Stromaufnahme der vier Strahlen.
[2] Der Erderwiderstand der vier Strahlen zusammen wurde zu 50 Ω gemessen.
[3] Im einzelnen entfallen auf das Bodenseil 33%, auf den Strahlenerder 27%.
[4] Wirksamer Widerstand des Bodenseils 164 Ω (gemessen 65 Ω), des Strahlenerders 200 Ω (gemessen 74 Ω).



DK 621.315.668.1

Konservierung von Holzstangen und ihre Wiederimprägnierung. [Nach I. Reyval, Rev. gén. Électr. 47 (1940) S. 187; 7½ S., 6 B.]

Die Bedeutung, die die umfangreiche Verwendung von Holzmasten als Stützpunkte in oberirdischen Linien der Starkstrom- und Telegraphen- und Fernsprechnetzen seit jeher gehabt hat, hatte frühzeitig zu einer Holzimprägnierung geführt, um die Lebensdauer der Masten zu erhöhen. Mit den verschiedenen Mitteln ist es gelungen, die Lebensdauer auf 10 bis 14 Jahre zu erhöhen. Inzwischen haben aber die Fortschritte auf dem Gebiete der Chemie, der Cryptogamenkunde und der Mikrobiologie zu einem weiteren Verfahren zur Erhaltung des Holzes geführt. Dieses soll ein Wiederimprägnieren und ein Verstärken der ursprünglichen Imprägnierung herbeiführen. Der Verfasser geht zunächst auf die bekannten Ursachen der Holzzerstörung ein und schildert dann die bisher gebräuchlichen Imprägnierungsverfahren der Boucherie, Kyanisierung, Öltränkung und Tränkung durch Diffusion. Alle diese Verfahren geben nach Ansicht des Verfassers den Masten nur eine Lebensdauer von 10 bis 14 Jahren. Durch das Cobra-Verfahren wird zusätzliches Imprägnieren und damit eine weiter verlängerte Lebensdauer erreicht. Eine Zerstörung des Holzes der Maste ist vorzugsweise an den Stellen zu beobachten, an denen sie aus der Erde heraustreten. Hier wird man zunächst das Verfahren anwenden. Man spritzt bestimmte fäulniswidrige Stoffe an den gefährdeten Stellen ein. Die Stoffe verteilen sich dann ziemlich schnell in den benachbarten Teilen des Holzes und stellen daher eine Wiederimprägnierung dar. Die Impfung geschieht mit einer Impfpistole, bei der eine Hohlnadel in das Holz eingetrieben wird, durch die das Imprägniermittel dem Holz zugeführt wird. Dem Imprägnieren geht ein gründliches Untersuchen der schadhaften Stellen mit einem Holzzuwachsbohrer vor sich. Als Imprägnierungsmittel werden Dinitrophenol, Fluornatrium, Arsenik oder ähnliche schwerlösliche Salze und schließlich auch Gemische aus diesen Stoffen verwendet. Die Wirkungsweise der Stoffe wurde an der Universität Paris eingehend untersucht; das Ergebnis wird besprochen und in Kurven die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens dargestellt. [Anm. d. Ber.: Das Cobraverfahren wurde bei der Deutschen Reichspost vor etwa zehn Jahren bereits erprobt. Es hat sich aber herausgestellt, daß das Verfahren trotz guter Wirkung für die Nachpflege der Telegraphenstangen ohne wirtschaftliche Überlegenheit ist. Bedenklich war die Schwächung der Festigkeit des Holzes durch die zahlreichen Bohrungen, die erforderlich sind, um die Imprägnierstoffe möglichst auszubreiten. Die Fortsetzung der Versuche wurde daher aufgegeben.] *Kbr.*

Geräte und Stromrichter

DK 621.314.57

Ausgleichvorgänge in Wechselrichtern. [Nach J. Müller-Strobel, Arch. Elektrotechn. 35 (1941) H. 1, S. 45; 21 S., 14 B.]

Handelt es sich um die Erfassung der elektromagnetischen Vorgänge in Wechselrichtern, wie etwa die Ausgleichvorgänge im Umrichtertransformator bei veränderlicher kapazitiver oder induktiver Last, so ist eine zweckentsprechende Umformung der bei gewöhnlichen Wechsel-Gleichstrom-Umformern abgeleiteten Gesetze nicht möglich. Für die Ableitung der neuen, leistungsfähigeren Ansätze dient die Anschauung, daß der Wechselrichter nicht als Ventil, sondern als Schalter wirkt. Die mathematische Entwicklung berücksichtigt diese Eigenschaft konsequent, weshalb die Lösung der symbolischen Differentialgleichungen mittels der Laplaceschen Transformation im Sinne der Operatorenrechnung erfolgt. Damit die Fragestellung einerseits und die angegebenen Berechnungsmethoden anderseits einen möglichst allgemeinen Charakter besitzen, ist der mit dem Kommutierungskondensator versehene, selbstgeführte Wechselrichter eingehend behandelt. Der praktisch wichtige Wechselrichter, nämlich der Fremdgeführte, läßt sich mathematisch genau gleich behandeln wie der Selbstgeführte, weshalb in der Untersuchung alle mathematischen Grundlagen für die neue Theorie in bezug auf den Selbstgeführten geboten werden. Die Erweiterung dieser Theorie auf Systeme mit mehreren Phasen, beispielsweise auf den Dreiphasen-Wechselrichter (Gleichstromübertragung) kann man ohne Schwierigkeiten im Sinne einer Verallgemeinerung vornehmen. Einleitend ist der Gleich-Wechselrichter-Symmetriesatz bekanntgegeben und anschließend auseinandergesetzt, daß die Berechnung durch das Zufügen neuer Schaltelemente (Kommutierungskondensator) fast unmöglich wird und Ausgleichsvorgänge im System nicht erfaßt werden können. Um zu einer generellen Lösung zu gelangen, ist, wie bereits angedeutet, von der physikalischen Tatsache Gebrauch gemacht, daß der Wechselrichter als Schalter nicht aber als Ventil wirkt. Zu diesem Zwecke ist ein Ersatzschema abgeleitet, bei dem der Transformator unter Vernachlässigung des Magnetisierungsstromes auf einen Widerstand r_1 und Induktivität L_1 reduziert ist. Aus ihm ist die Impedanzgleichung abgeleitet, die, in eine komplexe Leitwertsgleichung übergeführt, uns ermöglicht mittels der Laplaceschen Transformation die Übertragungsfunktion $A\ (t)$, die bekanntlich den Stromverlauf als Augenblickswert beim Einschalter der EMK 1 darstellt, zu ermitteln. An Hand der Wurzelgrößen der einen Gleichung lassen sich die Betriebszustände des Wechselrichters bestimmen. Sind alle Wurzeln reell, ergibt sich als Gleichstrom während der Brenndauer einer Anode ein monoton abklingender Stromverlauf. Ausgleichsvorgänge im System zufolge Resonanzerscheinungen sind nicht vorhanden. Existieren reelle und komplexe Wurzeln, besteht der Vorgang in einer aperiodischen Entladung, der überlagert als Ausgleichsvorgang eine gedämpfte, periodische Schwingung der Frequenz w ist. Zur Berechnung der Grenzfrequenz des Wechselrichters dienen gleiche Überlegungen, wie sie bereits andere Verfasser schon verwendeten. Durch diese Art der Berechnung des Wechselrichters können alle Einflüsse berücksichtigt werden, was für die Entwicklung der Gleichstromübertragung und des Wechselrichters überhaupt von großer Wichtigkeit sein wird. Alle theoretischen Ergebnisse sind durch oszillographische Messungen der Ausgleichvorgänge erhärtet.

Fernmeldetechnik

DK 621.395.73.054.3 : 621.395.5

Die Frequenzbanderweiterung bei belasteten Fernsprechkabeln. [Nach H. Griem u. G. Pleuger, Europ. Fernsprechdienst (1940) 55. Flg., S. 83; 15 S., 16 B.]

Die geplante Erweiterung des von Fernsprechleitungen übertragenen Sprachfrequenzbandes um etwa 1 kHz erfordert bei den vorhandenen Kabelleitungen bei gleichbleibender Verstärkerfelddämpfung eine Abänderung der Spulenfeldlängen und Spulenwerte. Bei einer Verdoppelung der Bespulung durch zusätzlichen Einbau gleicher Spulen wie die bereits vorhandenen in den Spulenfeldmitten ergeben sich folgende Leitungswerte:

Tafel 1. Leitungswerte nach doppelter Bespulung.

Aderdurchmesser mm	Verstärkerabstand km	Spulenabstand km	L_{Stamm}/L_{Vierer} mH	Grenzfrequenz kHz	Dämpfung mN/km
0,9	70	0,85	30/12	10,7/13,3	36/34
0,9	70	0,85	140/56	5,0/6,2	23/19
1,4	140	0,85	140/56	4,8/6,0	16/13

Die zu hohe Dämpfung der 1,4 mm-Stammleitungen läßt sich durch Wahl einer anderen Spuleninduktivität bestenfalls auf etwa 12 mN/km bringen, also 1,7 N für 140 km, wie an Hand von Reliefdarstellungen in anschaulicher Weise gezeigt wird.

Neuanlagen sind auf Grund von Untersuchungen der Wirtschaftlichkeit und der Rohstofflage zu entwerfen und Aderstärke, Betriebskapazität, Spulenabstand und Spulenwerte in ein möglichst günstiges Verhältnis zueinander zu bringen. Wirtschaftlich gesehen gibt die bisherige Spulenfeldlänge von $s = 1{,}7$ km etwa ein Optimum; indessen tritt bei kürzeren Feldern eine erhebliche Einsparung wertvoller Metalle ein, die bei 1 km Spulenabstand etwa 15 bis 30% an Kupfer und 9 bis 18% an Blei beträgt. Allerdings ist wegen der größeren Spulenzahl hiermit ein Mehraufwand an Arbeitskräften verknüpft. Die näheren Zusammenhänge sind im wesentlichen durch folgende Formel für den Aderdurchmesser gegeben:

$$d = \sqrt{\frac{4\, f_E\, C\, \varrho\, s^2 \left(\vartheta_E^2 - \frac{2}{3}\right)}{\beta_E\, s \sqrt{\vartheta_E^2 - 1} - (\operatorname{tg} \varepsilon_s + \operatorname{tg} \delta)}}\,,$$

C die kilometrische Betriebskapazität,
f_E die oberste übertragene Frequenz (Eckfrequenz),
$\vartheta_E = f_0/f_E$ (f_0 Grenzfrequenz),
ε_s der Spulenverlustwinkel,
ϱ der spezifische Widerstand,
β_E die kilometrische Dämpfung bei der Frequenz f_E.

Diese Formel ist für die verschiedenen Systeme mit 70 bzw. 140 km Verstärkerabstand als Relief dargestellt. Bezüglich der

Bespulung der Viererkreise wird eingehend dargelegt, welche Vorteile es bietet, Stämmen und Vierern gleiche Grenzfrequenz und damit gleichen Phasenbelag statt gleicher Dämpfung zu geben. Der Einfluß verschiedener Spulenbauarten mit unterschiedlichem Verlustwinkel sowie einer Änderung der Betriebskapazität auf die Leitungsabmessungen wird gezeigt. Unter Berücksichtigung aller dieser Umstände vorbehaltlich von Abänderungen, die sich durch eine möglicherweise veränderte Weltwirtschafts-, Rohstoff- und Arbeitsmarktlage zur Zeit des Baues der Neuanlage ergeben, wurden Systemwerte bei Spulenfeldlängen von 1,7 und 0,85 km angegeben. Bei der endgültigen Festlegung der Leitungswerte wird man dann beim Ersatz der mittelschwer bespulten Leitungen für 140 und 70 km Verstärkerabstand gleiche Induktivitäten und bei den mittelschwer und leicht bespulten Leitungen mit 70 km Verstärkerabstand gleiche Aderstärken wählen.

In einem Anhang sind alle Gleichungen zusammengestellt, die zur Berechnung der Frequenzabhängigkeit der Leitungskenngrößen dienen und bei gegebener oberer Eckfrequenz den Zusammenhang zwischen Grenzfrequenz, Spulenfeldlänge, Bespulung und Leitungsabmessungen liefern. Selbstverständlich sind mit der Arbeit die Grundlagen nicht nur für die erörterte, sondern auch für jede beliebige Frequenzbanderweiterung geschaffen. *lm.*

Physik

DK 621.385.833

Das Elektronen-Schattenmikroskop. [Nach H. Boersch, Jahrb. AEG-Forsch. 7 (1940) S. 34; 9 S., 14 B.]

Führt man eine Schattenprojektion mit Elektronenstrahlen durch, so erhält man ein Elektronen-Schattenmikroskop, mit dem sich etwa dieselbe Auflösung erreichen läßt, wie derzeit mit den normalen Elektronenmikroskopen, ein Wert, der etwa 3 Zehnerpotenzen über der Elektronenwellenlänge liegt. Die erhaltene Vergrößerung ergibt sich dabei aus dem Verhältnis der Abstände Elektronenquelle—Leuchtschirm zu Elektronenquelle—Objekt. Die Auflösung ist durch die Ausdehnung der Elektronenquelle bzw. durch die Beugungserscheinungen gegeben. Die Bildkontraste entstehen dadurch, daß die Elektronen je nach dem örtlichen Absorptions- und Streuvermögen des Objektes verschieden absorbiert und gestreut werden und so aus dem primären Strahl ausscheiden. Stellen größerer Massendichte erscheinen daher im Schattenbild dunkler als ihre Umgebung. Einzelheiten dicker Schichten können solange erkannt werden, als der durchgehende Primärstrahl intensiver ist als der Streuuntergrund. Bei dem ausgeführten Schattenmikroskop (Bild 4) ist besonderer Wert auf die Ausbildung der eigentlichen Elektronenquelle gelegt; diese soll eine möglichst geringe Ausdehnung von etwa 10^{-6} cm haben, Elektronen hoher Energie mit mindestens

K Kathode
L_1, L_2 elektrostatische Linsen
B_1, B_2 Blende und Leuchtschirm
V Verbindungsrohr
F Film
LS Leuchtschirm
AB Verschlüsse

Bild 4. Elektronen-Schattenmikroskop.

10 ekV liefern und den Öffnungswinkel des Beleuchtungskegels auf wenige Grad begrenzen. Dies wird erreicht, indem die Glühkathode *K* mit Hilfe zweier elektrostatischer Hochspannungseinzellinsen L_1 L_2 stark verkleinert abgebildet wird. Dieses Bild ist die Elektronenquelle des Schattenmikroskops. Bild 4 zeigt oben den zwecks Zentrierbarkeit über einen Federungskörper angesetzten Kathodenteil, dann die beiden Linsen, über denen sich je ein durchbohrter Kontrollleuchtschirm befindet. Die Linsen selbst bestehen aus je drei Blenden, von denen die mittlere negativ gegen die beiden anderen, die sich auf Anodenpotential befinden, aufgeladen ist. Dabei ist die Brennweite dieser Linse unabhängig von Schwankungen der angelegten Hochspannung, solange das an Kathode und Linse angelegte Spannungsverhältnis konstant bleibt. Dadurch können komplizierte Regeleinrichtungen zur Spannungskonstanthaltung vermieden werden. Da die Linse so bemessen ist, daß die Mittelelektroden auf Kathodenpotential gebracht werden können, erübrigt sich ein Hochspannungspotentiometer. Die drei Elektroden sind in einer Kapsel aus Isolierstoff genau zentriert eingepaßt. Durch Abrunden der Ecken, Wulstbildung und Oberflächenbehandlung wurde das Blendensystem für die nötige Hochspannung überschlagssicher ausgebildet. So konnten Brennweiten von 2,5 mm bei voller Spannungssicherheit erhalten werden. Eine doppelte magnetische Panzerung schaltet Einflüsse des Erdfeldes bzw. magnetischer Wechselfelder aus. Das Objekt selbst ist auf einem Kreuztisch knapp hinter der zweiten Linse angeordnet, damit es die Spannungsverteilung in der Linse nicht beeinflußt. Wegen des geringen Felddurchgriffs durch die Elektrodenöffnung von 0,5 bis 1 mm Dmr. herrschen am Objekt nur geringe Feldstärken. Zur Einstellung verschiedener Vergrößerungen kann der Kreuztisch, der in jeder Richtung der Linsenebene etwa um 2 mm verstellt werden kann, um 5 mm innerhalb der letzten Linsenelektrode in achsialer Richtung verschoben werden. Nach Hochklappen des Leuchtschirmes *LS* wird eine Filmkassette freigegeben, die Aufnahmen auf Kinofilm ermöglicht. Die Belichtungszeit beträgt 1 bis 5 s. Das Schattenbild selbst hat bei einer Bildfeldblende B_2 mit 0,3 mm Dmr. einen Durchmesser von etwa 17 mm. Eine eingehende Betrachtung der bei der Abbildung auftretenden Bildfehler zeigt deren Einfluß auf die Güte der erhaltenen Bilder. Die mit 1 bzw. 2 Linsen ausgeführten Abbildungsversuche erfüllen alle Erwartungen bezüglich der Schleierfreiheit der Bildkontraste und der Höhe der Auflösung; bei letzterer wurde mit diesem Gerät als Grenze 25 mμ bei nicht gitterähnlichen Anordnungen und einer Originalvergrößerung von 1600 : 1 erreicht. Als Objekte sind die in der Elektronenmikroskopie üblichen geeignet; ihr Schattenbild entspricht der normalen Durchstrahlungs-Hellfeldabbildung. Außerdem ist die Untersuchung von Objekten möglich, die im magnetischen Mikroskop durch das magnetische Linsenfeld gestört werden. *Drg.*

Werkstatt und Baustoffe

DK 621.315.221

Eine neue Herstellungsart der Bleikabelmäntel. [Nach B. B. Reinitz u. J. R. Wiseman, Electr. Engng 59 (1940) Transactions S. 165; 6 S., 11 B.; Disk. 7½ S.]

Die Verfasser besprechen zunächst verschiedene Arten von Bleipressen und Füllverfahren, wobei sie zu dem Ergebnis kommen, daß das Füllen der Bleipressen durch steigenden Guß mittels eines in den Aufnehmer der Bleipressen bis zur alten Füllung eingesteckten Rohres das beste Füllverfahren ist. Durch den steigenden Guß wird die Schaum- und Oxydbildung praktisch verhindert, die alte Füllung mit der neuen verschmolzen, und als Auswirkung dieser Maßnahmen die Schichtbildung sowohl an den Nahtstellen als auch im übrigen Querschnitt des Bleimantels stark vermindert. Um die Schaumbildung noch weiter herabzusetzen, und um Sauerstoff und Schwefel aus dem Blei weitgehend zu entfernen, schlagen die Verfasser eine Behandlung des Kabelbleis mit geringen Mengen metallischen Natriums vor. Sie nehmen eine natriumhaltige Vorlegierung und setzen 0,5 bis 0,05% Na zu. Im Blei bleiben dann etwa 0,001% Na zurück. Das so behandelte Blei soll unempfindlich gegen Verschlackung sein. Die hieraus hergestellten Bleimäntel mit steigend in den Aufnehmer gegossenem Blei sollen frei von jeglicher Schichtenbildung sein. Die mechanischen Werte und die Korrosionsbeständigkeit liegen höher als bei normalem Blei. Das Verfahren des steigenden Füllens der Bleipressen ist in Deutschland seit Jahren bekannt[1]) und bietet die angegebenen Vorteile. Statt einer Behandlung des Bleis mit metallischem Natrium ist eine Behandlung mit Alkalihydroxyd[2]) bekanntgeworden, die ebenfalls zu einer Reinigung und Unterbindung der Krätzebildung führt. In den Diskussionsbeiträgen kommt zum Ausdruck, daß die Notwendigkeit einer besonderen Behandlung des Bleis bei den Kabelfirmen eigentlich nicht vorliegt, da das Hüttenweichbild keine störenden Verunreinigungen enthält. *Pmm.*

[1]) DRP 559 914 u. DRP 561 301.
[2]) DRP 628 708.



AUS ERZEUGUNG UND VERBRAUCH

DK 621.311.1.003

Aus den Jahresberichten deutscher Elektrizitätswerke[1]). Geschäftsjahr 1939, Liste III

Nr. 45. ASW. Aktiengesellschaft Sächsische Werke, Dresden

Die Bilanz für die Arbeitsgebiete der ASW., Bergbau Großkraftwerk und Großschwelereien, ist eine gemeinsame. Die Entwicklung der AG. hat auch im Jahre 1939 einen günstigen Verlauf genommen; Erzeugung und Absatz konnten beachtlich gesteigert werden und die nutzbare Stromabgabe erfuhr gegenüber dem Vorjahre eine Erhöhung um 19%. — Der Ausbau der Anlagen und die Neubauten wurden planmäßig fortgesetzt. Im Berichtsjahr konnten mehrere Verträge abgeschlossen werden, die verbundwirtschaftlich von besonderer Bedeutung sind. Die Leitungsnetze des Versorgungsgebietes wurden ausgedehnt. Auch mit der Reichsbahndirektion Dresden ist ein einheitlicher Stromlieferungsvertrag für sämtliche im Stromversorgungsgebiete vorhandenen Reichsbahnentnahmestellen unter gleichzeitiger Neuregelung der Strompreisvereinbarung abgeschlossen worden. — Das Anlagevermögen weist Zugänge von rd. 61,9 Mill RM auf, in denen Überträge vom Konto „Unvollendete Bauten" mit 24,4 Mill RM enthalten sind. Bei den Zugängen handelt es sich neben dem Erwerb von Kohlenbergbaurechten und der Errichtung weiterer Großschwelereien um Erweiterungen und Ergänzungen der Betriebsanlagen; an Abgängen der Anlagen werden 13,9 Mill RM genannt. — Die Beteiligungen entwickelten sich günstig und erfuhren nur eine geringe Erhöhung. - Das Umlaufvermögen ist — ohne den Posten der Rechnungsabgrenzung — mit 96,7 Mill RM ausgewiesen, worin 66,9 Mill RM. für im Bau befindliche, zum Verkauf bestimmte Anlagen enthalten sind. Wie jetzt bekannt gegeben wurde, handelt es sich um die in Dresden unter der Firma AG. für Kraftstoffanlagen mit einem Grundkapital von 150 Mill RM begründete Gesellschaft, als deren Zweck die Errichtung und Verwaltung von Kraftstromanlagen bezeichnet worden ist.

Die für die Durchführung neuer Bauvorhaben benötigten Mehrmittel sind durch die am 23. 12. 1939 beschlossene Erhöhung des Aktienkapitals um RM 30 000 000,— auf RM 150 000 000,— beschafft worden.

Die Verbindlichkeiten aus Amerika-Anleihen, wobei der Dollar wieder mit RM 4,20 eingestellt wurde, gingen um RM 7 119 000,— auf RM 26 798 100,— zurück; außer den planmäßigen Tilgungen gelangten die bisher nicht konvertierten Bonds der 6% Amerika-Anleihe und ebenso der Rest der 7% Amerika-Anleihe zur Rückzahlung.

Die ausgewiesenen Darlehnsschulden haben sich nur unwesentlich geändert, dagegen haben die Großbauvorhaben die Inanspruchnahme weiterer fremder Mittel ausgewirkt. Zur Umwandlung der dadurch entstandenen kurzfristigen Verbindlichkeiten ist im März 1940 eine wiederum mit der Bürgschaft des Landes Sachsen ausgestattete 4½% Anleihe im Betrage von RM 50 000 000,— mit bestem Erfolg aufgelegt worden. — Die Dividende beträgt wieder 6%.

Nr. 46. Mitteldeutsches Kraftwerk Magdeburg AG., Magdeburg

Durch Beschluß der H.-V. vom 3. 7. 1939 wurde der Beginn des Geschäftsjahres auf den 1. Januar verlegt, so daß er dem Kalenderjahr entspricht. Der Geschäftsbericht umfaßt daher nur die Zeit vom 1. April bis 31. Dezember 1939 (Rumpfjahr). Beim Anlagevermögen sind die in der Berichtszeit ausgebauten Anlageteile in Abgang gebracht und der Wertberichtigung die dafür angesammelten Abschreibungen entnommen worden. Ferner wurden Werkzeuge, Betriebs- und Geschäftsausstattung vollständig abgeschrieben und der Wertberichtigung weitere RM 602 500,— zugeführt. Die Schulden in fremder Währung und nach planmäßiger Tilgung $ 113 050.— je 3,807 = RM 430 381,— und sFrs 8 399 800,— je 81,15 = RM 6 816 486,— ausgewiesen. — Der Betrieb der AG. ist an die Elektrowerke AG. Berlin verpachtet, von der für das Rumpfgeschäftsjahr ein Pachtzins von RM 1 416 651,— gezahlt wurde. Dividende 3%.

Nr. 47. Überlandzentrale Südharz GmbH., Bleicherode am Harz

Der Stromabsatz erfuhr gegen das Vorjahr eine Steigerung um 29%. — Die Beteiligungen haben sich durch Verkauf und Abschreibung um RM 10 000,— vermindert. — Die Wertberichtigungen und Rückstellungen erhielten Zuweisungen in Höhe von RM 1 175 000,—.. Die Währungsverbindlichkeiten gegenüber einer Schweizer Gesellschaft betragen sFrs 2 841 800,— je 80,72 = RM 2 293 900,—. Dividende 8%.

Nr. 48. Vorarlberger Kraftwerke AG., Bregenz

Die gesamte Energieerzeugung einschließlich Fremdbezug verringerte sich gegenüber dem Vorjahre um 6%. Die Umstellung auf den neuen reichseinheitlichen Tarif wurde mit Wirkung vom 1. 7. 1939 durchgeführt. Im Zuge der Flurbereinigung wurde die früher durch die Altreichsgrenze abgetrennte Tochtergesellschaft, die Allgäuer Elektrizitäts-G. m. b. H. in Lindenberg, deren Stammkapital von RM 1 000 000,— durch Vermögensübertragung eingegliedert wurde, übernommen und ferner ein Elektrizitätswerk sowie mehrere Gemeinde-Verteilungsanlagen käuflich erworben. Weiter erfuhr das Anlagevermögen durch die planmäßige Durchführung des Bauprogramms bei den Hoch- und Niederspannungsleitungen der Ortsnetze sowie durch Erweiterungsbauten erheblichen Zuwachs. Bei den Beteiligungen ist die Tochtergesellschaft in Fortfall gekommen, wogegen deren bisheriger Besitz an Aktien einiger deutscher Elektrizitätsversorgungsunternehmungen in Zugang gekommen ist. — Beim Umlaufvermögen haben Vorräte und Wertpapiere Steigerungen erfahren. — An Schulden in fremder Währung sind vorhanden: sFrs 4 936 000,— je 57,— = RM 2 813 520,— 5% Oblig., Anl. v. 1923—1930, sFrs. 1 322 368,— = RM 753 750,— 4% Darlehnsschuld von 1929; für die im Inlande umlaufenden Stücke der letzteren Anleihe ist um die Konvertierung in Reichsanleihe nachgesucht worden. — Dividende 6%.

Nr. 49. Schluchseewerk-AG., Freiburg im Breisgau

Das Jahr 1939 brachte die höchsten Zuflüsse seit Bestehen des Werkes, und die Jahreserzeugung hat sich gegenüber dem Vorjahre weiterhin gesteigert. Die im Vorjahre eingeleiteten Bauvorhaben konnten weitergeführt werden. — Das Anlagevermögen weist durch das Fortschreiten der Bauarbeiten einen Zugang von RM 7 889 179,— auf. Wie in früheren Jahren erscheinen auf Grund eines Beschlusses der Aktionäre RM 2 836 118,— als Sonderabschreibung auf Anlagen in Abgang. Beim Umlaufvermögen sind zu erwähnen RM 3 803 750,— Ausleihung an Konzerngesellschaften und das Bankguthaben von RM 10 410 445,—; die Mittel hierfür hat die AG. aus den noch nicht benötigten Baumitteln sowie aus dem Reichsmark-Anleihe-Erlös schöpfen können. Und ferner sind hier die noch ausstehende RM 8 500 000,— 50% Einzahlung auf neue Aktien einzureihen. Das Disagio-Konto der Schweizer-Franken-Anleihe von 1929 hat sich durch planmäßige Tilgung auf RM 1 887 618,— ermäßigt.

Das Grundkapital wurde durch Beschluß der H.-V. vom 17. 1. 1929 um nom. RM 17 000 000,— Aktien Lit. B auf nom. RM 31 000 000,— erhöht; die neuen Aktien B nehmen erst nach voller Inbetriebnahme des Kraftwerks Witznau an der Verteilung der Dividende teil.

Unter den Rückstellungen erscheint erstmals der Währungsunterschied aus der Schweizer-Franken-Anleihe von 1929 mit RM 7 680 436,—. Diese Anleihe steht nach planmäßiger Tilgung von sFrs. 779 000,—, nach Abzug der im Jahr zurückgekauften Stücke von sFrs. 247 000,— und nach Absetzung des Währungsunterschiedes noch mit sFrs. 30 143 000,— = RM 16 874 051,— zu Buch. — Die 5% Reichsmark-Anleihe von 1929 (1. Abschnitt) ist mit RM 16 000 000,—, die Baudarlehen der Aktionäre noch mit RM 14 180 589,— sowie die Verbindlichkeiten gegenüber Konzerngesellschaften sind mit RM 561 466,— ausgewiesen. Die Dividende für die Aktien A beträgt wieder 4%.

Nr. 50. EVS. Energie-Versorgung Schwaben AG., Stuttgart

Auf Veranlassung des Reichsstatthalters und Gauleiters in Württemberg erfolgte mit dem Ziele, für den notwendigen Ausbau der württembergischen Elektrizitätswirtschaft eine breitere Grundlage zu schaffen, die Übertragung der gesamten Vermögen von acht elektrizitätswirtschaftlich öffentlich-rechtlichen Zweckverbänden auf die EVW., Elektrizitäts-Versorgung Württemberg AG., deren Aktionäre die Verbände bereits waren. Die EVW. änderte ihren Namen in EVS. um und erhöhte das

[1]) Letzter Bericht: Geschäftsjahr 1939 Liste II. ETZ 62 (1941) H. 3, S. 59.



Vermögensaufstellung und Ertragsrechnung

Geschäftsjahr 1939 Liste III

Die Zahlen des letzten Geschäftsjahres sind in stärkeren, stehenden Ziffern, die der früheren Jahre in schwächeren, schrägen Ziffern gedruckt. Die Werte sind in 1000 RM angegeben.

Lfd. Nr.	Namen Wohnsitz	Letzte Veröffentlichung in der ETZ	Letztes Betriebsjahr	Aktiva: Anlagevermögen	Aktiva: Beteiligungen	Aktiva: Umlaufvermögen	Vermögensaufstellung Summe	Passiva: Aktien- oder Grundkapital	Passiva: Reserven u. Rücklagen	Passiva: Wertberichtigungen	Passiva: Verbindlichkeiten	Passiva: Reingewinn	Ausgaben: Betriebs- und Geschäftsunkosten	Ausgaben: Abschreibungen u. Rücklagen	Ausgaben: Zinsen	Ausgaben: Steuern und soziale Abgaben	Ausgaben: Reingewinn	Ertragsrechnung Summe	Erträgnisse: aus Betrieb	Erträgnisse: sonstige	Verteilte Dividende %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
45	ASW AG. Sächsische Werke, Dresden	1939 S.1332 Nr.24	1.1.—31.12.39	**557 379** *536 488*	**36 446** *36 138*	**99 286** *39 765*	**693 111** *612 391*	**150 000** *120 000*	**96 895** *92 659*	**287 058** *267 208*	**151 633** *125 496*	**7 525** *7 028*	**22 985** *20 289*	**27 122** *28 776*	**5 161** *3 549*	**19 918** *17 206*	**7 525** *7 028*	**82 711** *76 848*	**76 672** *67 226*	**6 039** *9 622*	**6** *6*
46	Mitteldeutsches Kraftwerk Magdeburg AG., Magdeburg	1939 S.1332 Nr.43	1.4.—31.12.39	**26 720** *26 841*	**0** *0*	**2 734** *2 084*	**29 454** *28 928*	**10 000** *10 000*	**63** *93*	**11 703** *11 062*	**7 458** *7 465*	**230** *305*	**121** *142*	**635** *891*	**275** *369*	**220** *283*	**230** *305*	**1 481** *1 990*	**1 417** *1 893*	**64** *97*	**3** *3*
47	Überlandzentrale Südharz GmbH., Bleicherode a. H.	—	1.1.—31.12.39	**14 344**	**20**	**3 824**	**18 188**	**6 070**	**0**	**8 063**	**3 535**	**520**	**695**	**623**	**49**	**1 140**	**520**	**3 027**	**2 855**	**172**	**8**
48	Vorarlberger Kraftwerke AG., Bregenz	1940 S. 432 Nr.56	1.4.39—31.3.40	**19 886** *18 158*	**125** *1 028*	**1 789** *1 461*	**21 900** *20 647*	**6 212** *6 212*	**2 082** *1 947*	**6 962** *5 967*	**6 193** *6 075*	**451** *426*	**731** *603*	**661** *663*	**235** *253*	**899** *601*	**451** *426*	**2 977** *2 546*	**2 913** *2 474*	**64** *72*	**6** *6*
49	Schluchseewerk AG., Freiburg i. Brg.	1940 S.385 Nr.12	1.1.—31.12.39	**61 838** *56 785*	**0** *0*	**30 379** *4 332*	**92 217** *61 117*	**31 000** *14 000*	**8 246** *558*	**3 202** *2 642*	**49 206** *43 355*	**563** *562*	**653** *592*	**699** *699*	**1 190** *1 251*	**1 047** *757*	**563** *562*	**4 152** *3 861*	**4 100** *3 845*	**52** *16*	**4** *4*
50	EVS, Energie-Versorgung Schwaben AG., Stuttgart	1939 S.1332 Nr.38	1.1.—31.12.39	**139 865** *21 003*	**13 906** *1 547*	**19 590** *2 142*	**173 351** *24 692*	**48 000** *10 500*	**7 780** *668*	**64 396** *9 177*	**51 057** *3 713*	**2 118** *634*	**4 733** *374*	**5 859** *1 294*	**1 954** *42*	**3 069** *654*	**2 118** *634*	**17 733** *2 998*	**16 967** *2 825*	**766** *173*	**5** *5*
51	Kraftwerk Altwürttemberg AG., Ludwigsburg-Beihingen	—	1.1.—31.12.39	**18 662**	**374**	**858**	**19 894**	**8 400**	**1 021**	**7 501**	**2 619**	**353**	**492**	**549**	**108**	**656**	**353**	**2 158**	**2 078**	**80**	**4**
52	Pfalzwerke AG., Ludwigshafen a. Rh.	1939 S.1332 Nr.29	1.1.—31.12.39	**58 325** *56 391*	**2 012** *2 012*	**7 383** *4 116*	**67 720** *62 519*	**16 000** *12 000*	**8 312** *7 655*	**34 006** *32 394*	**8 732** *9 829*	**670** *641*	**2 100** *4 053*	**2 647** *2 372*	**413** *423*	**2 093** *1 685*	**670** *641*	**7 927** *9 174*	**7 449** *8 510*	**478** *664*	**4½** *4½*
53	Oberpfalzwerke AG. für Elektrizitätsversorgung, Regensburg	1939 S.1332 Nr.35	1.1.—31.12.39	**25 086** *23 776*	**125** *125*	**4 682** *4 106*	**29 893** *28 007*	**8 875** *8 875*	**5 500** *5 308*	**7 673** *6 703*	**7 431** *6 657*	**414** *464*	**1 553** *1 560*	**1 502** *1 423*	**314** *292*	**1 279** *790*	**414** *464*	**5 062** *4 529*	**4 784** *4 263*	**273** *266*	**5** *5*
54	Kraftwerk Thüringen AG., Gispersleben	1940 S.432 Nr.58	1.4.39—31.3.40	**17 780** *16 949*	**185** *176*	**6 238** *5 726*	**24 203** *22 851*	**6 960** *6 960*	**3 655** *3 096*	**12 246** *11 512*	**654** *629*	**688** *645*	**986** *959*	**1 407** *1 391*	**0** *0*	**1 393** *1 112*	**688** *645*	**4 474** *4 109*	**4 237** *3 831*	**237** *278*	**9** *9*
55	HEW. Hamburgische Elektricitäts-Werke AG., Hamburg	1940 S.432 Nr.65	1.7.39—30.6.40	**285 589** *253 360*	**18 331** *81*	**17 978** *16 896*	**321 898** *270 337*	**100 000** *89 000*	**27 632** *19 257*	**106 075** *98 298*	**80 954** *56 547*	**7 237** *7 235*	**17 646** *17 100*	**11 704** *11 686*	**2 987** *2 003*	**12 406** *9 741*	**7 237** *7 235*	**51 980** *47 765*	**45 796** *46 525*	**6 184** *1 240*	**8** *8*
56	Großkraftwerk Mannheim AG., Mannheim	1939 S.1332 Nr.44	1.4.39—31.3.40	**30 737** *28 263*	**50** *50*	**8 260** *2 925*	**39 047** *31 238*	**6 150** *6 150*	**1 434** *399*	**18 083** *17 872*	**13 162** *6 600*	**218** *217*	**1 543** *1 446*	**1 256** *1 341*	**88** *166*	**591** *528*	**218** *217*	**3 696** *3 698*	**3 491** *3 609*	**205** *69*	**4** *4*
57	Rhein-Main-Donau AG., München	1940 S.432 Nr.49	1.1.—31.12.39	**201 568** *193 644*	**3** *3*	**11 257** *19 397*	**212 828** *213 044*	**30 200** *30 200*	**816** *60*	**24 930** *20 846*	**156 888** *161 938*	**(158)** *0*	**2 078** *2 141*	**4 621** *2 520*	**1 708** *1 629*	**558** *301*	**(— 158)** *0*	**8 965** *6 591*	**5 487** *4 763*	**3 478** *1 828*	**0** *0*
58	Württembergische Elektrizitäts-AG., Stuttgart	1940 S.880 Nr.80	1.7.39—30.6.40	**3 376** *3 702*	**2 162** *1 798*	**969** *767*	**6 507** *6 267*	**4 000** *4 000*	**579** *494*	**15** *15*	**1 619** *1 167*	**294** *291*	**88** *97*	**45** *56*	**46** *12*	**169** *102*	**294** *291*	**642** *558*	**440** *345*	**202** *213*	**6½** *6½*
59	Technische Werke d. Stadt Stuttgart, E-Werk, Stuttgart	1939 S.996 Nr.84	1.4.—31.12.38 1.4.37—31.3.38	**94 146** *90 136*	**22** *22*	**16 926** *14 393*	**111 094** *104 551*	**68 000** *68 000*	**2 555** *2 027*	**0** *0*	**38 857** *34 382*	**1 682** *142*	**23 076** *29 652*	**5 007** *6 759*	**1 337** *1 447*	**6 274** *9 084*	**1 682** *142*	**37 376** *47 084*	**18 432** *23 181*	**18 944** *23 903*	— *—*
60	Vereinigte Saar-Elektrizitäts-AG., Saarbrücken	1938 S.1335 Nr.26	1.1.—31.12.38	**13 898** *10 713*	**9** *0*	**1 606** *1 936*	**15 513** *12 649*	**4 000** *4 000*	**2 810** *446*	**3 632** *4 515*	**4 819** *3 442*	**252** *246*	**838** *844*	**648** *551*	**136** *98*	**396** *274*	**252** *246*	**2 270** *2 013*	**2 256** *1 838*	**14** *175*	**0** *6*
61	Berliner Kraft- und Licht (Bewag)-AG., Berlin	1940 S.432 Nr.62	1.7.39—30.6.40	**751 892** *756 704*	— *—*	**122 559** *127 734*	**874 451** *884 438*	**240 000** *240 000*	**89 924** *82 422*	**330 748** *319 789*	**189 618** *216 367*	**24 161** *25 360*	**110 673** *103 026*	**42 055** *30 578*	**4 669** *5 067*	**37 554** *48 063*	**24 161** *25 360*	**219 112** *212 094*	**201 290** *199 669*	**17 822** *12 425*	**10** *10*
62	Niederschlesische Elektrizitäts-AG., Hirschberg i. Rgb.	1940 S.432 Nr.46	1.1.—31.12.39	**21 052** *20 335*	**1 333** *1 400*	**3 280** *3 252*	**25 665** *25 037*	**14 000** *14 000*	**1 041** *998*	**8 952** *8 194*	**964** *1 138*	**708** *707*	**1 126** *1 059*	**929** *917*	**0** *0*	**1 012** *734*	**708** *707*	**3 775** *3 417*	**3 700** *3 365*	**75** *52*	**5** *5*
63	Rheinkraftwerk Albbruck-Dogern AG., Waldshut a. Rh.	1940 S.432 Nr.64	1.7.39—30.6.40	**51 948** *51 949*	**0** *0*	**5 094** *4 831*	**57 042** *56 780*	**16 000** *16 000*	**10 861** *515*	**5 963** *15 612*	**23 411** *23 846*	**807** *807*	**205** *191*	**1 138** *1 139*	**1 256** *1 304*	**1 328** *1 301*	**807** *807*	**4 734** *4 741*	**4 654** *4 653*	**80** *88*	**5** *5*
64	Elektricitäts-Lieferungs-Gesellschaft, Berlin	1940 S.880 Nr.78	1.1.—31.12.39	**17 243** *16 549*	**36 102** *46 587*	**14 296** *5 717*	**67 641** *68 853*	**26 040** *26 040*	**11 173** *10 417*	**18 810** *22 778*	**9 609** *7 623*	**2 010** *1 995*	**8 121** *7 410*	**2 073** *1 723*	**76** *0*	**1 578** *1 235*	**2 010** *1 995*	**13 858** *12 393*	**10 876** *9 576*	**2 982** *2 817*	**6** *6*
65	Städtische Werke AG. Kassel, Kassel	—	1.4.38—31.3.39	**24 899** *23 295*	**570** *556*	**4 922** *8 607*	**30 391** *32 458*	**12 000** *12 000*	**10 895** *10 636*	**1 528** *2 053*	**5 133** *7 126*	**835** *643*	**8 296** *15 749*	**1 845** *1 883*	**139** *119*	**2 340** *2 150*	**835** *643*	**13 455** *20 544*	**12 321** *11 369*	**1 134** *9 175*	**6** *5*
66	Thüringer Elektricitäts-Lieferungs-Ges. AG., Gotha	1940 S.385 Nr.13	1.1.—31.12.39	**44 827** *43 204*	**155** *72*	**6 373** *5 806*	**51 355** *49 082*	**17 600** *17 600*	**5 287** *3 428*	**20 112** *19 743*	**7 094** *7 052*	**1 262** *1 259*	**8 631** *8 049*	**2 174** *2 284*	**187** *230*	**2 833** *2 392*	**1 262** *1 259*	**15 087** *14 214*	**13 820** *13 740*	**1 267** *474*	**6** *6*

Aktienkapital von 10 500 000,— auf nom. RM 41 000 000,—; außerdem wurden Genußrechte im Betrage von RM 7 000 000,— mit dem Anspruch auf Beteiligung am Liquidationserlös geschaffen.

Der Gesamtstromabsatz der in der neuen AG. zusammengeschlossenen Werke erfuhr eine Steigerung um rd. 8,3%. Die Stromversorgungsanlagen der Stadt Weingarten sowie vier weitere kleinere E.-Werke wurden erworben und ebenso hat die Stadt Stuttgart ein im Bau befindliches Dampfkraftwerk an die AG. käuflich abgetreten.

Das Gesamtbild der Bilanz ist wesentlich bestimmt durch die Übernahme der Vermögensteile der acht Zweckverbände, wodurch sich die Bilanzsumme von RM 24 690 000,— auf 164 780 000,— erhöhte. Im Laufe des Berichtsjahres ist das Anlagevermögen um rd. RM 7 389 000,— gestiegen, die Beteiligungen haben keine Änderung erfahren und das Umlaufvermögen hat sich um rd. RM 182 000,— vermehrt. Als Verbindlichkeiten in fremder Währung sind Amerika-Anleihen mit $ 2 234 596.— = RM 5 575 317,— ausgewiesen. Die Bankschulden in Höhe von RM 4 328 104,— dienten im wesentlichen zur Bezahlung von Aufwendungen für ein Dampfkraftwerk und sind Ende Februar 1940 aus dem Erlös der aufgenommenen Anleihe abgedeckt worden. Die Dividende beträgt wieder 5%.

Nr. 51. Kraftwerk Altwürttemberg AG., Ludwigsburg-Beihingen

Die nutzbare Stromabgabe stieg um rd. 8%. — Das Anlagevermögen erfuhr durch Umbau und Erneuerung der Leitungsnetze geringe Erhöhungen, die Beteiligungen blieben unverändert und das Umlaufvermögen weist eine kleine Steigerung auf. Die Verbindlichkeiten gegenüber Konzernunternehmungen haben sich um RM 165 000,— auf RM 662 170,— vermindert und in dem Posten Bankverbindlichkeiten sind ein Kredit von sFrs 1 000 000,— sowie ein Trattenkredit in Höhe von RM 1 000 000,— enthalten. Die Dividende beträgt 4%.

Nr. 52. Pfalzwerke AG., Ludwigshafen am Rhein

Die nutzbare Stromabgabe hat eine weitere Steigerung erfahren.

Das Anlagevermögen erhielt Zugänge durch den Bau neuer und die Erweiterung und Verbesserung vorhandener Anlagen. Die Beteiligungen sind unverändert. Unter Umlaufvermögen ist die noch fehlende Einzahlung auf das erhöhte Aktienkapital mit RM 3 000 000,— eingeordnet. — Das Aktienkapital wurde durch Beschluß der a. o. H.-V. vom 18. 8. 1939 um nom. RM 4 000 000,— auf RM 16 000 000,— Aktien erhöht, worauf zunächst 25% einberufen wurden. — Unter den Verbindlichkeiten zeigen Anleihen, Aufwertungsschulden und Darlehen planmäßige Tilgung und an Schulden in fremder Währung bestehen nur noch $ 375 000.— = RM 935 625,— Dollar-Anleihe. Die Dividende beträgt wieder 4½%.

Nr. 53. Oberpfalzwerke AG. für Elektrizitätsversorgung, Regensburg

Der Stromabsatz erfuhr eine Steigerung um fast 14%. — Das Anlagevermögen erhöhte sich nach Abgang der Abschreibungen um rd. RM 1 346 000,— durch Erwerb eines Pumpspeicherwerkes nebst Verteilungsnetz sowie durch Bauten und sonstige Erneuerungen der Betriebsanlagen. Beteiligungen sind unverändert geblieben. Beim Umlaufvermögen zeigen die Warenvorräte und die Vorauszahlungen an Lieferanten Erhöhungen. — Unter den Verbindlichkeiten sind $ 583 500,— = RM 1 455 832,— 7% Dollar-Obligationen-Anleihe ausgewiesen; der hierbei erzielte Währungsgewinn ist mit RM 994 857,— den Rückstellungen zugeführt worden. Dividende wieder 5%.

Nr. 54. Kraftwerk Thüringen AG., Gispersleben

Die nutzbare Stromabgabe nahm gegenüber dem Vorjahre um 23,3% zu. — Die Beteiligungen erfuhren eine geringe Erhöhung durch den Erwerb einiger Aktien einer befreundeten AG. — Beim Umlaufvermögen haben Wertpapiere und Bankguthaben Zuwachs erhalten. Die Reserven und Wertberichtigungen und Rückstellungen decken zu mehr als 90% die Anlagen. Verbindlichkeiten aus Anleihen sind nicht vorhanden und die laufenden Verbindlichkeiten nur gering ausgewiesen. Die Bilanz zeigt eine große Flüssigkeit. Dividende wieder 9%.

Nr. 55. Hamburgische Elektricitäts-Werke AG., Hamburg

Die Gesamtstromabgabe ist gegenüber dem Vorjahre nur unwesentlich gestiegen. — Um die Stromversorgung auch der großhamburgischen Gebiete, soweit sie von der AG. noch nicht beliefert wurden, übernehmen zu können, wurden zunächst von der Hansestadt Hamburg nom. 11 000 000,— RM Aktien der Elektrizitätswerk Unterelbe AG. erworben, wodurch deren gesamtes A.-K. im Besitz der AG. vereinigt wurde. Mit der EWU. wurde ein Pachtvertrag für deren gesamtes Stromversorgungsgebiet und deren Werkanlagen geschlossen.

Mit der Hansestadt Hamburg wurde ein neues einheitliches Vertragswerk abgeschlossen, das die Neufassung der Konzessionsverträge sowie die Ausgabe von RM 11 000 000,— junger Aktien genehmigt. Zur Durchführung aller dieser Finanzvorhaben wurden mit Genehmigung des Reichswirtschaftsministeriums weitere RM 20 000 000,— 4½% Schuldverschreibungen ausgegeben.

Das Anlagevermögen ist um RM 50 479 610,— höher ausgewiesen als im Vorjahre. Die Beteiligungen erfuhren durch die Tochtergesellschaften der EWU. eine wesentliche Steigerung. — Das Grundkapital ist durch Ausgabe von nom. RM 11 000 000,— Aktien, die unter Ausschluß des Bezugsrechtes der Aktionäre an die Hansestadt Hamburg ausgeliefert wurden, auf nom. RM 100 000 000,— erhöht worden.

Unter den Verbindlichkeiten erscheinen neu die im Laufe des Berichtsjahres herausgegebenen RM 10 000 000,— 5% Schuldverschreibungen sowie die RM 20 000 000,— 4½% Schuldverschreibungen. Gegenüber Banken bestehen Verbindlichkeiten in Höhe von RM 13 500 000,— und Währungsverbindlichkeiten gegenüber Banken und sonstige Gläubiger von rd. RM 1 670 000,—; schließlich sind noch als Währungsschulden $ 314 500.— = RM 1 320 900,— der Rest der Dollaranleihe von 1925 ausgewiesen. — Dividende wieder 8%.

Nr. 56. Großkraftwerk Mannheim AG., Mannheim

Das Anlagevermögen erfuhr durch Erweiterungs- und Ersatzbauten eine Erhöhung, die Beteiligungen blieben unverändert. Unter Umlaufvermögen sind RM 900 000,— ausstehende Einlagen auf das Grundkapital eingeordnet und weiter sind rd. RM 3 917 000,— als Bankguthaben und Wertpapiere ausgewiesen. — Unter den Verbindlichkeiten werden RM 10 200 000,— 5% Anleihe von 1940 und als Währungsschuld nom. $ 241 000,— = RM 601 295,— Rest der 7% Amerika-Anleihe aufgeführt; der Währungsunterschied ist den Rückstellungen für ungewisse Schulden zugeführt worden. — Dividende wieder 4%.

Nr. 57. Rhein-Main-Donau AG., München

Die Wasserführung des Mains war zu reichlich, dagegen die der Donau ungemein günstig. Die Stromverwertungsverträge mit der Großkraftwerk Franken AG. in Nürnberg über Betriebsgemeinschaft Kachlet-Franken GmbH., mit dem Bayernwerk und mit der Stadt Würzburg blieben unverändert und haben sich reibungslos bewährt.

Bei dem Anlagevermögen wirkten sich die Übernahme der neuen Werke sowie kleinere Bauzugänge bei den älteren Werken und sonstige Arbeiten an Stromübertragungsanlagen in einer Erhöhung von rd. RM 7 920 000,— aus; die Beteiligungen erfuhren keine Veränderung, während beim Umlaufvermögen die Verminderung der Wertpapiere um rd. RM 3 000 000,—, die Erledigung der Bauforderung von RM 4 242 228,—, die Senkung des Tilgungsfonds für Amerika-Anleihen usw. eine Verminderung von rd. RM 7 900 000,— verursachen. Der in der Erfolgsrechnung ausgewiesene Verlust von RM 158 307,— ist hier eingeordnet. — Von den Schuldverbindlichkeiten sind zu erwähnen: RM 110 500 000,— unverz. Darlehen von Reich und Bayern, RM 4 075 000,— 4½% Darlehen dgl., rd. RM 8 000 000,— verz. Darlehen von Banken usw., RM 6 300 000,— Rest der 5% Goldanl., RM 3 900 000,— 5% Umschuldungsanl., RM 15 000 000,— 4½% Reichsanl. von 1937 und RM 2 890 000,— Rest der 7% Amerika-Anleihe. — Der Verlust von RM 158 307,50 wurde auf neue Rechnung vorgetragen.

Nr. 58. Württembergische Elektrizitäts-AG., Stuttgart

Der Stromabsatz hat sich in allen Teilwerken der AG. weiter kräftig entwickelt. Die Planungsarbeiten neuer Wasserkraftwerke im Salzburger Gebiet sind fortgeschritten. — Wegen der bei der SAFE notwendigen Kapitalerhöhung wurde mit dem Reichsgau Salzburg und der Alpen-Elektrowerke AG. ein Syndikatsabkommen getroffen. — Beim Anlagevermögen ist durch die Rückflüsse aus den ausgegebenen Baudarlehen eine Verminderung und beim Umlaufvermögen durch Forderungen an Konzernunternehmungen ein Zuwachs eingetreten. Die Beteiligungen haben sich besonders durch die SAFE erhöht. Bei den Verbindlichkeiten wurde zur Fundierung der in den beiden letzten Jahren aufgewendeten Baukapitalien ein mittelfristiges Darlehen aufgenommen, das zur teilweisen Abdeckung der Bankschulden verwendet wurde; an Verbindlichkeiten in fremder Währung bestehen nur noch £ 40 500 = RM 401 152,— Pfund-Anleihe von 1924. — Die Dividende beträgt wieder 6½%.



Nr. 59. Technische Werke der Stadt Stuttgart, Stuttgart

Der vorliegende letzt herausgekommene Bericht umfaßt den Zeitraum von 1¾ Jahren und enthält gesondert die Bilanzen vom 1. April 1937 bis 31. März 1938 und 1. April bis 31. Dezember 1938. Die Verwaltung der Technischen Werke ist von der kameralistischen zur kaufmännischen Buchführung bei gleichzeitiger Umstellung des Betriebsjahres auf das Kalenderjahr übergegangen, wobei außerdem eine Neubewertung des Vermögens stattgefunden hat; ein Vergleich mit den früheren Bilanzzahlen ist daher nicht ohne weiteres zu ziehen.

Nach dem Berichte hat sich der Stromabsatz 1937 um 12,2% und in dem Rumpfjahr 1938 um 16,1% gehoben.

Das Anlagevermögen erfuhr seit der am 1. 4. 1937 erfolgten Neubewertung einen Zuwachs von rd. RM 4 010 000,— und das Umlaufvermögen einen solchen von rd. RM 2 530 000,—, bei den Verbindlichkeiten haben die Schulden bei der Stadtkasse eine Erhöhung erfahren. — Die Bilanz ist eine gemeinsame für alle Werkbetriebe und Ziffern für Sachwerte der Einzelbetriebe werden nicht vermerkt. Der Gesamtreingewinn fließt an die Stadtverwaltung, welche die Verteilung auf die einzelnen Konten vornimmt.

Nr. 60. Vereinigte Saar-Elektrizitäts-AG., Saarbrücken

Der Jahresabschluß erfolgte später, da zur Vermeidung steuerlicher Nachteile noch die Neubewertung des Vermögens eingeschlossen werden sollte. Mit dieser Neubewertung der Anlagen wurde auch die richtige Grundlage für die Fortführung der Verhandlungen zur Herbeiführung einer Verschmelzung mit der Pfalzwerke AG. geschaffen. — Die zwischen den beiden Gesellschaften bereits bestehende Interessengemeinschaft hat sich bestens bewährt.

Die nutzbare Stromabgabe erhöhte sich um 9%. — Das Anlagevermögen hat sich um RM 1 475 552,— durch Neubewertung und um RM 1 718 628,— durch Zugang vermehrt, beim Umlaufvermögen ist eine Minderung um rd. RM 270 000,— eingetreten. Die Verbindlichkeiten weisen eine Steigerung von rd. RM 1 375 000,— aus Warenlieferungen und Leistungen, Wechselkrediten und Bankschulden auf. — Von der Verteilung einer Dividende wird zur Stärkung der eigenen Mittel Abstand genommen.

Nr. 61. Berliner Kraft- und Licht (Bewag)-AG., Berlin

Die im Berichtsjahr eingetretene Erhöhung der Stromabgabe ist deshalb eine echte Absatzsteigerung zu nennen, weil Gebietserweiterungen nicht eingetreten sind. Neben dem beachtlichen Mehrabsatz an Industrie und Gewerbe hat eine Steigerung der Stromabgabe an die BVG. stattgefunden. Der Verbundbetrieb hat sich als wertvoll erwiesen für die Gewährleistung störungsfreier Stromversorgung des Berliner Stadtgebietes.

Im Geschäftsjahr wurde eine neuer Kontenplan eingeführt, so daß eine Vergleichsmöglichkeit der in der Erfolgsrechnung ausgewiesenen Ziffern im allgemeinen nicht gegeben ist. — Die Konzessionsabgabe an die Stadt Berlin einschließlich der festen Abgabe hat die vertragliche Erhöhung auf RM 22 250 000,— erfahren. — Beim Anlagevermögen beruhen die Zugänge auf Erweiterungen der betrieblichen Anlagen; dem gegenüber stehen bereits im Vorjahre begonnene Berichtigungen früherer Aktivierungen, unter Verwendung zur Verfügung stehender Abschreibungsbeträge und der im Vorjahr vorgenommenen Sonderabschreibung, bei den sonstigen Abgängen handelt es sich um Abbuchungen nicht mehr benötigter oder entfernter Anlageteile. Das Anlagevermögen hat eine Minderung von rd. RM 4,8 Mill und das Umlaufvermögen eine solche von rd. RM 5,2 Mill erfahren; beim Umlaufvermögen sind als die flüssigen Mittel RM 74,7 Mill Wertpapiere und rd. RM 16,4 Bankguthaben und Kasse zu nennen. Die Verbindlichkeiten sind nach einer Minderung von RM 26,7 Mill noch mit RM 159,6 Mill ausgewiesen. Es sind darunter rd. 24,1 Mill RM Reichsmark-Schuldverschreibungen und Hypotheken, rd. RM 70,6 Mill langfristige Verbindlichkeiten gegenüber Banken und anderen Gläubigern und rd. RM 14,4 Mill kurzfristige Verbindlichkeiten sowie als Schulden in fremder Währung sFrs 13 Mill = RM 10,7 Mill Schweizer-Franken-Anleihe und $ 12,7 Mill = RM 53,6 Mill Dollar-Anleihen enthalten; die Posten sind mit den Kursen 100 sFrs = 82,2 RM und 1 $ = RM 4,217 eingesetzt. — Die Dividende beträgt wieder 10%.

Nr. 62. Niederschlesische Elektrizitäts-AG., Hirschberg im Riesengebirge

Der Stromabsatz hat auch in diesem Geschäftsjahr wieder eine Steigerung erfahren, die auf die beträchtliche Zunahme des Kleinabsatzes zurückzuführen ist. Der ausgewiesene Zugang des Anlagevermögens umfaßt Erweiterungen der Betriebsanlagen, die Beteiligungen haben durch Abschreibung des Besitzes der Hirschberger Talbahn und ebenso die Verbindlichkeiten durch Tilgung des Restkaufgeldes auf dieselbe Minderungen erfahren. An dem Grundkapital der AG. sind der Provinzialverband Schlesien und die Elektrowerke AG. Berlin je zur Hälfte beteiligt. — Die Dividende beträgt 5%.

Nr. 63. Rheinkraftwerk Albbruck-Dogern AG., Waldshut a. Rhein

Der Rhein bot eine für die Stromerzeugung günstige Wasserführung und dementsprechend lag auch die Erzeugung über dem Jahresmittel. Die Konten weisen nur geringe Veränderungen auf. Die Währungsunterschiede aus sFrs-Anleihen und sFrs-Darlehen sind unter Rückstellungen eingereiht. An Verbindlichkeiten in fremder Währung sind sFrs 35 636 000,— = RM 20 120 085,— 5%-Anleihe und sFrs 5 000 000,— = RM 2 823 000,— Darlehen vorhanden; das letztere in 1933 bzw. 1934 gewährte Darlehen fällt unter das deutsche Kreditabkommen von 1940. Die Dividende beträgt wieder 5%.

Nr. 64. Elektricitäts-Lieferungs-Gesellschaft, Berlin

Die nutzbare Stromabgabe ist in den Werken der AG. und ihrer Tochtergesellschaften wieder erheblich gestiegen. Die Anlagen sind durch im Berichtsjahre durchgeführten Erweiterungen der Erzeugungs- und Verteilungsanlagen den erhöhten Leistungsanforderungen angepaßt worden und das Anlagevermögen hat eine entsprechende Erhöhung erfahren. Durch Verkauf der türkischen Tochtergesellschaften ermäßigten sich die Beteiligungen und die flüssigen Mittel wurden entsprechend gestärkt. Die durch den Verkauf ebenfalls verminderten Wertberichtigungen erhielten eine Sonderzuweisung von RM 700 000,—. An Verbindlichkeiten in fremder Währung sind sFrs 1 020 000,— = RM 837 480,— Darlehen vorhanden. — Dividende 6%.

Nr. 65. Städtische Werke AG. Kassel, Kassel

Die Stromerzeugung stieg einschließlich Fremdbezug gegenüber dem Vorjahr um 16%. Nachdem im Vorjahre das Anlagevermögen neu bewertet und die Betriebsanlagen einer durchgreifenden Erneuerung unterzogen worden waren, mußte im Berichtsjahr das Kraftwerk den erhöhten Anforderungen entsprechend weiter ausgebaut werden. — Das Anlagevermögen erfuhr einen Zuwachs von rd. RM 604 000,—, die Beteiligungen erhöhten sich durch den Erwerb einiger Aktien, während sich beim Umlaufvermögen hauptsächlich die Guthaben bei der Bank und der Stadt ermäßigten. Bei den Verbindlichkeiten sind die Auslandanleihe der Stadt, die Eigenforderungen der Stadt, das Oeffa-Darlehn sowie die Hypothekenschuld erheblich gesenkt und um rd. RM 4 000 000,— niedriger ausgewiesen worden. — Die Bilanz ist für alle Betriebe gemeinsam, auch finden sich im Bericht keinerlei Merkzahlen über die Bewertung der einzelnen Betriebe und Anlagen. — Dividende 6 (i. V. 5) %.

Nr. 66. Thüringer Elektrizitäts-Lieferungs-Gesellschaft AG., Gotha

Die Stromabgabe wies gegenüber dem Vorjahre eine beträchtliche Zunahme auf. Das Anlagevermögen erfuhr Zugänge durch Aufwendungen für Erweiterung und Verstärkung der Betriebsanlagen sowie Erwerb eines E.-Werkes. Die Beteiligungen haben sich durch Kapitalserhöhung und durch Erwerb einiger Aktien erhöht und ebenso hat das Umlaufvermögen einige Zugänge erfahren. Unter den Verbindlichkeiten sind in fremder Währung noch sFrs 1 200 000,— = RM 973 876,— Schweizerfranken-Darlehn vorhanden. — Die Dividende beträgt wieder 6%.

Handelsregistereintragungen. — Stotz-Apparatebau GmbH., Eberbach/Baden (500 000 RM): Fabrikation von elektrischen Apparaten und Geräten und verwandten Erzeugnissen sowie Handel mit solchen Artikeln, — Pfeiffer Apparatebau GmbH., Wetzlar (200 000 RM): Herstellung und Vertrieb von feinmechanischen und elektrischen Präzisionsgeräten sowie von verwandten Erzeugnissen. — Oberschlesische Stickstoffwerke AG., Königshütte O.S., Königshütte III, Liebigallee (30 Mill RM.): U. a. der Erwerb, Bau und Betrieb von elektrochemischen und chemischen Fabriken aller Art sowie von Elektrizitätswerken.

VERSCHIEDENES

BEKANNTMACHUNGEN

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker

Fernmeldetechnik

Der Ausschuß für Fernmeldetechnik hatte einen 2. Entwurf zu einer Neubearbeitung von

VDE 0804 „Vorschriften für Fernmeldegeräte"

aufgestellt, der in ETZ 61 (1940) S. 683 veröffentlicht war. Die hierauf eingegangenen Anregungen und Einsprüche sind ordnungsgemäß behandelt worden und haben zu der in ETZ 62 (1941) H. 7, S. 154 veröffentlichten endgültigen Fassung geführt. Diese Fassung ist vom Vorsitzenden des VDE im Dezember 1940 genehmigt worden und tritt am 1. März 1941 in Kraft. Die bisherige Fassung von VDE 0804/1934 tritt am 1. März 1943 außer Kraft.

Über die Hauptgesichtspunkte, die bei der Neubearbeitung von VDE 0804 beachtet wurden, gibt der Einführungsaufsatz von W. Cames VDE, Berlin, in ETZ 62 (1941) H. 7, S. 153 Aufschluß.

Mit dem Tage des Inkrafttretens von VDE 0804/XII.40 werden die Bestimmungen in § 15 von

VDE 0800 „Vorschriften und Regeln für die Errichtung elektrischer Fernmeldeanlagen"

ungültig. Außerdem wird der zweite Absatz in § 4 dieser Vorschriften wie folgt geändert:

Die Isolationswerte für Geräte unterliegen VDE 0804 „Vorschriften für Fernmeldegeräte".

Diese Änderungen an VDE 0800 wurden vom Vorsitzenden des VDE im Dezember 1940 genehmigt und treten ebenfalls am 1. März 1941 in Kraft.

Sonderdrucke von VDE 0804/XII.40 und VDE 0800c/XII.40 sind zum Preise von RM 0,50 bzw. RM 0,10 zuzüglich Versandkosten bei der ETZ-Verlag GmbH., Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus, erhältlich.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
Der Geschäftsführer
Viefhaus

Bezirk Berlin

Fachversammlung

des Fachgebietes „Leitungen und Leitungsnetze"
Leiter: Oberingenieur Dipl.-Ing. H. Calliess VDE.

Vortrag

des Herrn Dr.-Ing. F. Obenaus, Hermsdorf-Thür., am Donnerstag, dem 20. Februar 1941, um 18^{00}, in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Hörsaal EB 301, über das Thema:

„Freileitungs-Hängeisolatoren und ihr Lichtbogenschutz".

Inhaltsangabe:

Allgemeine Übersicht über die Isolatorenarten
Freileitungs-Hängeisolatoren (Kappenisolatoren, Vollkernisolatoren, Langstabisolatoren)
Mechanische Eigenschaften (Kraftlinienverlauf, Bruchaussehen, Kälteeinfluß)
Elektrische Eigenschaften (Vorentladungen, Rundfunkstörungen, Überschlagspannung, Überschlagfunken)
Lichtbogenschutz (Lichtbogenstromstärke, Lichtbogenbewegung, Lichtbogenschutzarmaturen)
Lichtbogenfilm

Eintritt und Kleiderablage frei.

Fachversammlung

des Fachgebietes „Leitungen und Leitungsnetze"
Leiter: Oberingenieur Dipl.-Ing. H. Calliess VDE.

Vortrag

des Herrn Oberingenieur A. von Schaubert, Berlin, am Donnerstag, dem 27. Februar 1941, um 18^{30}, in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Hörsaal EB 301, über das Thema:

„Die Erzeugung einer Sternpunktserdspannung in Netzen, ein vielseitiges Betriebsmittel der Hochspannungstechnik".

Eintritt und Kleiderablage frei.

Arbeitsgemeinschaften (Technischer Nachwuchs)

Die Teilnahme ist frei. VDE-Mitgliedschaft ist nicht Bedingung.

Allgemeine Elektrotechnik. Leiter: Dr.-Ing. V. Aigner VDE.
17. Februar 1941, 18^{00}, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. „Betriebsüberwachung durch moderne Fernmeßverfahren". Vortragender: Dipl.-Ing. H. Kramm VDE.

Fernmeldetechnik. Leiter: Oberingenieur Dipl.-Ing. K. Wagner VDE.
18. Februar 1941, 18^{00}, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. Vortragsreihe: Fernsprechtechnik. II. Teil: Bauteile. 4. Drehwähler und Hebdrehwähler. Vortragender: Ingenieur W. Hinze.

Meßtechnik. Leiter: Dr.-Ing. H. F. Grave VDE.
19. Februar 1941, 18^{00}, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. Vortragsreihe: Meßwandler. „Anlegewandler und -meßgeräte". Vortragender: Dr.-Ing. H. F. Grave VDE.

Elektromaschinenbau. Leiter: Ingenieur K. Bätz VDE.
20. Februar 1941, 18^{00}, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. Vortragsreihe: Sonderfragen des Elektromaschinenbaues. „Fluß, Streuung und Verluste". Vortragender: Dipl.-Ing. W. Nürnberg VDE.

VDE Bezirk Berlin vormals Elektrotechnischer Verein
Der Geschäftsführer
Burghoff

Sitzungskalender

VDE Bezirk Hansa, Hamburg. 19. 2. (Mi), 17^{00}, Ingenieurschule, Lübeckertor 24: „Elektronen- und Ionenströme in der Technik" (m. Vorführ.). Dir. Dr. Pfaffenberger.

VDE Bezirk Magdeburg-Anhalt (gemeinsam mit DLTG). 18. 2. (Di), 19^{00}, Staatl. Ingenieurschule: „Polarisiertes Licht — die Lösung des Blendproblems im nächtlichen Straßenverkehr". Dr. W. Christoph.

VDE Bezirk Mittelbaden, Karlsruhe. 18. 2. (Di), 17^{30}, Industrie- und Handelskammer: „Gesichtspunkte für die Erdung von Hochspannungsanlagen". Dipl.-Ing. Schultheiß VDE.

VDE Bezirk Oberschlesien, Kattowitz (gemeinsam mit DLTG und NSBDT.). 13. 2. (Do), 20^{00}, Ingenieurschule: „Beleuchtung im Bergbau" (m. Lichtb.). Dipl.-Ing. C. Saatmann.

VDE Bezirk Oberschlesien, Hindenburg. 20. 2. (Do), 17^{45}, Donnersmarckhütte: „Der Zufall in der Technik". Prof. Dr.-Ing. H. Schwenkhagen VDE.

VDE Bezirk Saarpfalz, Ludwigshafen. 14. 2. (Fr), 18^{00}, Bürgerbräu, Ludwigstr. 75/77: „Die Maßnahmen zum Schutze von Personen in Anlagen bis 1000 V und die Grenzen ihrer Anwendbarkeit". (m. Film „Elektrizitätsleiter und Isolierstoffe"). Obering. Dr. Koch VDE.

VDE Bezirk Südsachsen, Chemnitz. 13. 2. (Do), 19^{00}, Staatl. Akademie für Technik: „Einsatz deutscher Werkstoffe in der elektrotechnischen Isolation". Obering. Burmeister VDE.

Fachgruppe Energiewissenschaft — Gauwaltung Wien. 17. 2. (Mo), 18^{00}, Haus der Technik: „Die neuen Lichtquellen in der Beleuchtungsplanung". Dir. J. Schaer.

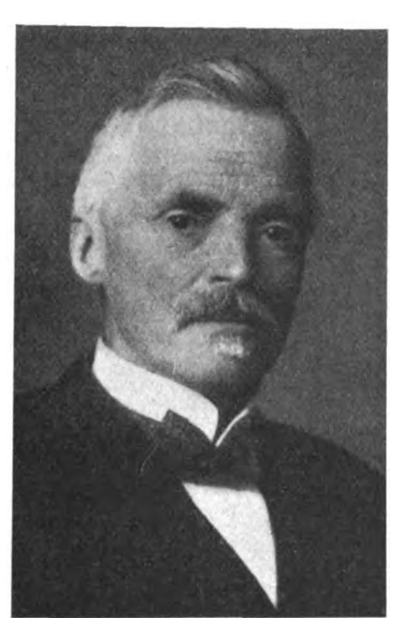
PERSÖNLICHES

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten)

A. Thomälen †. — Am 29. Dezember 1940 verschied in Karlsruhe nach kurzem Krankenlager Herr Professor Dr. Adolf Thomälen VDE, ein Vierteljahr nach Vollendung seines 75. Lebensjahres. Thomälen stammte aus Mecklenburg



(Schwerin); er studierte an den Technischen Hochschulen in Darmstadt, Hannover und Aachen. Nach kurzer Ingenieurpraxis übernahm er eine Stelle als Lehrer am Technikum in Altenburg und trat dann zu den Siemens-Schuckertwerken über, wo er acht Jahre im Literarischen Büro tätig war. Von 1914 bis 1922 hat er als 1. Assistent am Elektrotechnischen Institut und als Privatdozent an der Technischen Hochschule in Karlsruhe gewirkt. 1922 folgte er einem Rufe an das Staatstechnikum in Karlsruhe, blieb aber auch weiterhin bis zu seiner Zurruhesetzung im Jahre 1933, mit wichtigen Lehraufträgen betraut, Mitglied des Lehrkörpers der Hochschule.



A. Thomälen †

Thomälen war mit Liebe und Hingabe ein erfolgreicher Lehrer. Er verstand es, schwierige Vorgänge seinen Hörern in einfacher und klarer Weise darzustellen, und scheute keine Mühe, auch die weniger Begabten zu fördern. Viel besucht waren seine Vorlesungen über Theorie der Wechselströme, und groß ist die Zahl seiner Schüler, die heute, teilweise in hervorragenden Stellen, in der Praxis stehen und ihm ganz besonders ihre Ausbildung in den Grundlagen der Elektrotechnik verdanken.

Das von Thomälen verfaßte „Kurze Lehrbuch der Elektrotechnik", das zehn Auflagen erreicht hat, ist ein bleibendes Zeugnis seiner hervorragenden pädagogischen Befähigung. Diese Begabung ist auch immer wieder bei den Besprechungen der verschiedenen Auflagen anerkannt worden. So sagt z. B. Heubach bei der Besprechung der ersten Auflage „Manchmal wird im Leser direkt der Eindruck hervorgerufen, er habe mit dem Verfasser soeben die Gesetze selbst entdeckt". Das Lehrbuch hat Thomälens Namen weit über die Grenzen unseres deutschen Vaterlandes hinaus bekannt gemacht; es ist in fünf Sprachen übersetzt worden.

Seine wissenschaftlichen Arbeiten hat Thomälen zum größten Teil in der ETZ veröffentlicht. Besonders hervorzuheben sind wertvolle Beiträge zum Kreisdiagramm. Auch mit geschichtlichen Arbeiten, wohl angeregt durch seine Tätigkeit bei den Siemens-Schuckertwerken, hat er sich befaßt; hervorzuheben ist seine umfangreiche Arbeit „Zur Geschichte der Dynamomaschine" (Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie, Bd. 7, S. 134 u. f.).

Thomälen war bei seinen Kollegen und Schülern sehr beliebt, und er selbst war immer gern mit den jungen Studenten fröhlich zusammen. Durch sein einfaches, natürliches Wesen und seinen guten Humor hat er sich viele Freunde erworben, die immer seiner in Liebe und Verehrung gedenken werden.

R. Richter VDE

V. Vieweg †. — Am 27. 12. 40 verstarb in Charlottenburg Herr Oberregierungsrat Dipl.-Ing. Volkmar Vieweg, Mitglied der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt, im Alter von 56 Jahren mitten aus unermüdlicher, erfolgreicher Tätigkeit als Forscher und Ingenieur. Er ist in Cannewitz bei Grimma geboren. Nach dem Abschluß seines Studiums als Elektrotechniker an der Staatlichen Gewerbeakademie in Chemnitz und der Technischen Hochschule in Dresden trat er 1912 in das Starkstromlaboratorium der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt ein. Hier befaßte er sich, seit 1918 als Leiter des Maschinenlaboratoriums, mit den Aufgaben der elektrischen Meßtechnik, vor allem mit der Untersuchung von elektrischen Maschinen. Von seinen zahlreichen Arbeiten, die z. B. auch in der Herausgabe von Büchern der Starkstromtechnik ihren Niederschlag fanden, sei vor allem das unter seinem Namen bekannt gewordene Torsionsdynamometer hervorgehoben, das er durch die Ausrüstung mit optischer Ablesung und mit Luftreibungsschutz zu einem Präzisionsmeßgerät für die Drehmomentmessung von Maschinen ausgestaltete. Weitere Arbeiten, die in seinem Laboratorium ausgeführt wurden, befaßten sich mit der Messung der Kurvenform, mit genauer Drehzahl und Frequenzmessung durch das stroboskopische Verfahren, mit der Untersuchung von Anlaß- und Regelvorgängen elektrischer Maschinen sowie mit schwingungstechnischen Untersuchungen durch das piezoelektrische Meßverfahren. Besonders sorgfältige Untersuchungen galten der Wirkungsgrad- und Verlustbestimmung von elektrischen Maschinen. Die Beschäftigung mit den Einzelverlusten führte ihn darauf, sich mit dem schwierigen Gebiet der Lagerreibung näher zu befassen. In zielbewußter und bahnbrechender Forschungsarbeit gelang ihm hier der experimentelle Nachweis der Bildung von Schmiermittelfilmen bei Gleit- und Wälzlagern auf optischem Wege und durch elektrische Meßmethoden. Die wichtigen Erkenntnisse dieser Arbeiten brachten eine grundlegende Klärung der Reibungserscheinungen besonders auch in dem wissenschaftlich stark umstrittenen Anlaufgebiet von Lagern. Die Weiterführung dieser Versuche in dem ebenfalls unter seiner Leitung stehenden schmiertechnischen Laboratorium der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt lag ihm daher gerade in letzter Zeit besonders am Herzen. Neben diesen großen wissenschaftlichen Verdiensten des Verstorbenen dürfen aber auch seine organisatorischen Leistungen bei der baulichen Erweiterung und Ausgestaltung der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt nicht vergessen werden. In seiner stets tätigen, unermüdlichen Art und in seiner Liebe und Hingebung an alles ehrliche technische Können und an gute handwerkliche Kunst, die z. B. in seiner schönen Sammlung von Eisengußplaketten ihren bezeichnenden Ausdruck fand, wird er seinen Freunden unvergessen bleiben.



V. Vieweg †

H. E. Linckh VDE

BRIEFE AN DIE ETZ

DK 621.315.1.001.1

Bemerkungen zu meinem Aufsatz: „Entwurf elektrischer Fernleitungen" in ETZ 62 (1941) H. 2, S. 35.

Die Siemens-Schuckertwerke, Berlin, teilen mir mit, daß die in meinem Aufsatz S. 38 rechte Spalte unten angegebenen Feldstärken $\mathfrak{F}_i$ am Leiter heute bei Massekabeln je nach Querschnitt und Nennspannung zwischen 20 und 47,5 kV/cm liegen, bei Ölkabeln geht man bis zu $\mathfrak{F}_i = 100$ kV/cm.

Prag, den 21. Januar 1941. F. Niethammer VDE

Berichtigung

In dem Bericht „Kontaktverbindungen bei Aluminium- und Magnesium-Stromleitern" in Heft 4 der ETZ 62 (1941) muß auf S. 78 rechts oben 10. Zeile des ersten Absatzes an Stelle 50 kg/mm² gesetzt werden: 50 kg/**cm²**.

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Dr. W. Burstyn VDE, Berlin-Wilmersdorf, Prinz-Regentenstr. 23
Dr.-Ing. W. Rojahn VDE, Berlin-Steglitz, Jeverstr. 14
Dipl.-Ing. R. Stroehlen, Berlin-Charlottenburg 4, Niebuhrstr. 11a

Abschluß des Heftes: 7. Februar 1941

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE (z. Z. im Felde)
G. H. Winkler VDE (z. Z. im Felde)
H. Hasse VDE und R. Henrichs VDE
Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

62. Jahrgang — Berlin, 20. Februar 1941 — Heft 8

Betrieb mit Phasenschieber-Kondensatoren in Industrieanlagen

Von Hans W. Meyer-Oldenburg VDE, Woltersdorf bei Berlin

DK 621.319.4

Übersicht. Einige Besonderheiten, die den Betrieb von Starkstromkondensatoren von dem gewöhnlicher induktiver und ohmscher Stromverbraucher unterscheiden, werden erläutert und Hinweise zum Vermeiden von Schwierigkeiten gegeben.

1. Einleitung

Die in Deutschland zur Blindstrombeseitigung zur Zeit eingebaute Kondensatorleistung dürfte den Betrag von 1 Mill BkVA bereits beträchtlich überschreiten. Durch diese Zahl ist die Bedeutung des Phasenschieber-Kondensators für eine rationelle Stromwirtschaft und seine Häufigkeit gekennzeichnet. Trotz der großen Verbreitung treten beim Betrieb von Kondensatoren besonders in Industriebetrieben jedoch manchmal Schwierigkeiten durch falsche Behandlung und Beurteilung auf, die vorwiegend dadurch begründet sind, daß man irrtümlicherweise aus dem Verhalten der länger bekannten Motoren und sonstigen elektrischen Maschinen und Geräte auf ein gleiches oder ähnliches Verhalten der Kondensatoren schließt. Für gewisse Vorgänge ist es jedoch bedeutsam, daß die am meisten verbreiteten elektrischen Maschinen den Charakter ohmscher und induktiver Widerstände besitzen, die Kondensatoren dagegen rein kapazitive Widerstände darstellen. Einige dadurch bedingte Besonderheiten, die dem Betriebsmann oft nicht geläufig sind, werden nachstehend zusammenfassend besprochen. Betrachtet werden dabei in erster Linie die elektrischen Verhältnisse, wie sie in Industriebetrieben vorliegen, d. h. also in Nieder- und Mittelspannungsnetzen. Dabei wird die für Europa bisher allein wichtige Parallelschaltung des Kondensators zugrundegelegt.

2. Stromverringerung und Spannungserhöhung

Zunächst sei kurz an die grundlegende Tatsache erinnert, daß beim Zuschalten eines Kondensators zu einem induktiven Verbraucher, z. B. einem normalen Drehstrommotor, der resultierende Strom kleiner wird als vorher, dementsprechend natürlich auch die Beanspruchung von Schaltern, Sicherungen und Leitungen. Bei dem nachträglichen Einbau eines Kondensators braucht also an diesen Leitungsteilen nichts geändert zu werden.

Besonders bei schwach bemessenen und vorwiegend induktiv belasteten Netzausläufern macht man sich die spannungserhöhende Wirkung des Kondensators zunutze. In der Gleichung für die Längskomponente des Spannungsabfalles

$$\Delta U = R I_w + \omega L I_b$$

kann man bekanntlich den zweiten Summanden auf der rechten Seite durch geeignete Wahl der Kondensatorgröße beliebig verkleinern oder auch negativ machen. Dabei sind

R ohmscher Widerstand der Leitung,
ωL induktiver Widerstand der Leitung,
I_w Wirkkomponente des Stromes,
I_b Blindkomponente des Stromes.

Neben dieser erwünschten Spannungserhöhung beobachtet man jedoch auch eine unerwünschte, wenn Transformatoren vorwiegend durch Kondensatoren belastet sind. Der praktische Fall liegt meistens so, daß ein über Transformatoren an ein Mittelspannungsnetz angeschlossener Betrieb zur Kompensierung des Blindstromes eine Kondensatorbatterie besitzt. Falls diese Batterie entgegen der Regel auch dann eingeschaltet bleibt, wenn die induktive Belastung des Transformators mehr oder weniger ausfällt, können auf der Sekundärseite des Transformators bei festgehaltener Primärspannung Überspannungen von einigen % entstehen, die vor allem für die Lebensdauer der Glühlampen schädlich sind. Zur Berechnung dieser Überspannungen kann ebenfalls die genannte Gleichung dienen. Unter der Voraussetzung eines speisenden Netzes mit starrer Spannung, was für Mittelspannungs-Kabelnetze meistens genügend genau zutrifft, erscheint als L nur die Streuinduktivität des Transformators. Führt man statt dieser die übliche relative Kurzschlusspannung u_k des Transformators ein, so erhält man als relative Spannungserhöhung näherungsweise

$$\frac{\Delta U}{U} = 0{,}9\, u_k\, n\, \frac{N_C'}{N_T}.$$

Darin bedeutet n die Ordnungszahl der Frequenz, N_C' die kapazitive Blindleistung, die über die gleichzeitig vorhandene induktive Blindleistung der Stromverbraucher überschießt, und N_T die Transformator-Nennleistung. Die Gleichung vernachlässigt die ohmschen Widerstände außerhalb des Transformators und gibt damit den für Resonanzerscheinungen gefährlichen Fall wieder. Außerdem gilt sie nur für $\frac{N_C'}{N_T} < 3$ in brauchbarer Annäherung, was praktisch allein interessiert, wie Bild 1 zeigt. Als Faustformel für die Praxis merkt man sich, daß

$$\frac{\Delta U}{U} \approx N_C'$$

und für den besonderen Fall, daß die Kondensatorleistung gerade gleich der Transformator-Nennleistung ist, d. h. also

$$N_C' = N_T,$$

daß

$$\frac{\Delta U}{U} \approx u_k \text{ ist.}$$

Die relative Spannungserhöhung ist also proportional der Kondensatorleistung und hat bei Gleichheit von Kondensatorleistung und Transformator-Nennleistung für die Grundwelle etwa den Betrag der relativen Kurzschlußspannung. Bezogen auf die Grundwelle hebt sich also beispielsweise bei einem 500 kVA-Transformator üblicher Bauart die Sekundärspannung um etwa 4 %, wenn als Be-

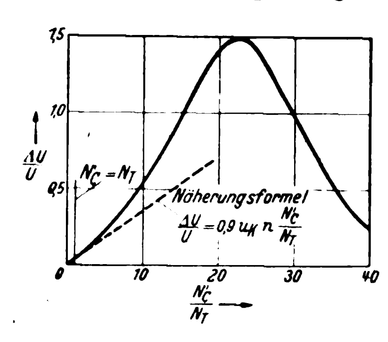


Bild 1. Relative Spannungserhöhung $\frac{\Delta U}{U}$ am Transformator in Abhängigkeit von der überschießenden Kondensatorleistung $\frac{N'_C}{N_T}$. Zum Vergleich die relative Spannungserhöhung nach der Näherungsformel.

lastung ausschließlich eine Kondensatorbatterie von 500 BkVA vorliegt. Dieser Zustand ist nach Bild 1 selbstverständlich von der Resonanz noch weit entfernt, obgleich dieses Wort als Warnungsruf bei der Anwendung von Kondensatoren gebraucht wird. Resonanz würde für unser Beispiel erst bei Kondensatorleistungen entsprechend Tafel 1 auftreten.

Tafel 1. Für den Resonanzfall erforderliche Kondensatorleistungen bei verschiedenen Oberwellen.

Ordnungszahl der Oberwelle n	Kondensatorleistung BkVA
1	11 000
5	560
7	290
11	120

Tafel 1 zeigt gleichzeitig, daß für die Oberwellen allerdings schon bei kleineren Kondensatorleistungen Resonanz zu erwarten ist. Dafür tritt dabei aber auch eine erhöhte Dämpfung auf, so daß die Erhöhung des Oberwellenanteils in der Spannungskurve durch Kondensatoren in der Praxis gering ist[1]), solange die über die induktive Belastung überschießende Kondensatorleistung in den zulässigen Grenzen bleibt. Eine brauchbare rechnerische Erfassung der Oberwellenerhöhung ist besonders wegen der starken Schwankungen der Dämpfungseinflüsse bei Veränderung der Schaltung allerdings schwierig, so daß in Zweifelsfällen der Versuch entscheiden muß. Im allgemeinen wird als zulässig angesehen, wenn bei leerlaufenden Transformatoren die Kondensatorleistung 10 % der Transformator-Nennleistung nicht übersteigt. Diese Bemessung wird von manchen Stromversorgungsunternehmen daher auch vorgeschrieben.

Eine zusätzliche Verzerrung der Spannungskurve kann sich an entfernten Netzpunkten manchmal ergeben, wenn der bekanntlich stärker verzerrte Kondensatorstrom in einer längeren Leitung einen zusätzlichen Spannungsabfall hervorruft. Der ohmsche Widerstand der Leitung wirkt sich dabei allerdings wieder dämpfend auf die Höhe der Oberwellenspannungen aus.

Wenn man bedenkt, daß die in dem Zahlenbeispiel zugrundegelegten Annahmen ungünstig sind und sich trotzdem Spannungserhöhungen ergeben, die für die meisten Fälle unbedenklich sind, so erkennt man, daß sich bei einwandfreier Projektierung und Bedienung einer Kondensatorbatterie, gegebenenfalls durch selbsttätige Steuerung, in Industrienetzen stets gefährliche Überspannungen vermeiden lassen. Eine Gefährdung besteht dabei zunächst überhaupt nur für die Glühlampen, die bekanntlich schon bei geringfügig gesteigerter Spannung eine beträchtlich kürzere Lebensdauer haben. Auch die Erhöhung der Eigenverluste und damit die gesteigerte Erwärmung in den Transformatoren, Schützen, Relais und sonstigen Geräten mit magnetischer Wirkung insbesondere durch die Oberwellen dürfte meistens keine Gefahr bedeuten, wenn nicht der auch ohne Kondensatoren vorhandene Oberwellengehalt etwa schon gefährlich ist.

Immerhin ist es im allgemeinen ratsam, nie eine Kondensatorleistung, die 10 % der Transformatorleistung wesentlich übersteigt, fest eingeschaltet zu lassen. Die weiteren Kondensatoren sollten stets entweder als Einzelkompensierung zwangsläufig gemeinsam mit den entsprechenden Motoren usw. oder als Gruppen- oder Zentralkompensierung durch Automatik geschaltet werden, falls zuverlässige Handbedienung nicht möglich ist. Die mit diesen Fragen zusammenhängenden Probleme für Mittel- und Höchstspannungsnetze sind übrigens kürzlich an anderer Stelle zusammenfassend behandelt worden[2]).

3. Stromerhöhung durch Überspannungen und Spannungsoberwellen

Entsprechend der Gleichung $I = U \omega C$ steigt der Kondensatorstrom proportional der Spannung und Frequenz an. In Bild 2 ist dargestellt, wie sich nach diesem

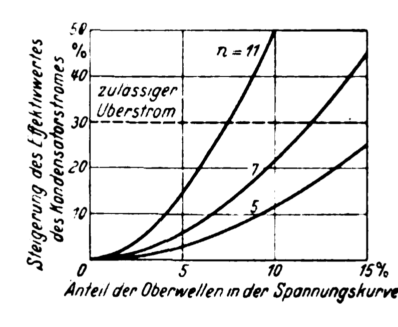


Bild 2. Relative Steigerung des Effektivwertes des Kondensatorstromes in Abhängigkeit vom Oberwellenanteil in der Spannungskurve für die 5., 7. und 11. Oberwelle. Zum Vergleich die zulässige Stromerhöhung nach den Technischen Lieferbedingungen der Wirtschaftsstelle Starkstromkondensatoren.

Gesetz der Oberwellengehalt der Spannung auf den Effektivwert des Kondensatorstromes auswirkt. Wie zu erkennen ist, bleiben die Stromsteigerungen bei den normalerweise vorkommenden Oberwellengehalten unter der für den Kondensator zulässigen Grenze von 30 %. Für Berechnungen ist allerdings zu beachten, daß sich eine Steigerung des Stromes durch eine Abweichung der Netzspannung von der Nennspannung nach oben noch überlagern kann.

Zu bedenken sind diese Stromerhöhungen besonders bei der Bemessung von Sicherungen, Schaltgeräten und Leitungen für Kondensatoren. Zu berücksichtigen ist dabei außerdem noch, daß für Kondensatoren eine Kapazitätstoleranz von ± 10 % zulässig und handelsüblich ist, was im äußersten Fall eine weitere Stromsteigerung um 10 % bedeuten kann. Unter diesen Umständen ist es zweckmäßig, die Bemessung der erwähnten Leitungsteile für Kondensatoren mindestens für etwa das 1,5fache des Kondensatornennstromes zu wählen.

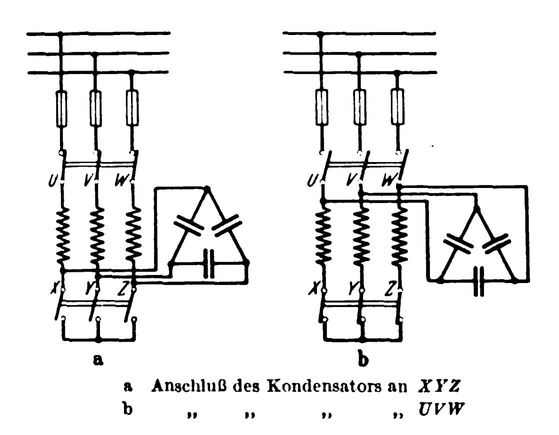
Für die Auswahl der Schaltgeräte ist schließlich noch zu berücksichtigen, daß die Schaltungen bei $\cos \varphi = 0$ stets besondere Schwierigkeiten machen. Hinzu kommt, daß der Schaltlichtbogen Schwingungen von der Resonanzfrequenz zwischen Kondensator und Transformator- und Netzinduktivitäten anregt, die zu beträchtlichen Überströmen führen können und einen verstärkten Kontaktabbrand bedeuten. Man ist deshalb bestrebt, die Brenndauer des Schaltlichtbogens soweit wie möglich abzukürzen und verwendet für Kondensatorschaltungen stets Schütze. Bei Schaltungen von Teilen einer Kondensatorbatterie ist darüber hinaus die Anwendung von Schützen mit Widerstandsstufen ratsam.

[1]) F. Bauer, Der Kondensator in der Starkstromtechnik. Julius Springer, Berlin 1934.

[2]) H. Schulze, Elektrotechn. u. Masch.-Bau 57 (1939) S. 406.

In diesem Zusammenhang sei auf die Möglichkeit hingewiesen, daß statt des Schaltlichtbogens ein Lichtbogen an einer anderen, etwa fehlerhaften Unterbrechungsstelle der Leitung auch Resonanzschwingungen hervorrufen kann[3]). Bei Anschlußleitungen für Kondensatoren ist deshalb ganz besonders darauf zu achten, daß Wackelkontakte vermieden werden.

Eine andere Möglichkeit zur Entstehung von Spannungsresonanz mit der Frequenz der Grundwelle besteht, wenn ein Kondensator zur Einzelkompensierung unmittelbar zu einem Motor parallel geschaltet ist, der mit einem Stern-Dreieck-Schalter angelassen wird. Für den Fall, daß der Kondensator an die Klemmen *XYZ* des Motors angeschlossen ist, stellt Bild 3a den gefährlichen Schaltaugenblick dar. Hier ist gezeichnet, wie nach dem Anlauf in Sternschaltung der Sternpunkt bereits aufgelöst, die Dreieckschaltung aber noch nicht vollzogen ist. Dabei sind die Motorwicklungen mit den Kapazitäten in Reihe geschaltet an das Netz angeschlossen. Da nun der Kondensator zur bestmöglichen Blindstromkompensation so bemessen wird, daß bei normaler Parallelschaltung gerade annähernd Stromresonanz für die Grundwelle eintritt, bedeutet die Schaltung nach Bild 3a Spannungsresonanz für die Grundwelle. Der Strom ist demnach nur noch durch die ohmschen Widerstände des Kreises begrenzt, was eine völlig unzulässige Überlastung für alle Beteiligten bedeutet. Bei einem Versuch mit einem Motor von 2,2 kW und einem Kondensator von 1 BkVA bei 380 V ergab sich beispielsweise am Kondensator eine Spannung von 1500 V.



a Anschluß des Kondensators an *XYZ*
b „ „ „ „ *UVW*

Bild 3. Gefährliche Schaltaugenblicke bei der Einzelkompensierung von Motoren mit Stern-Dreieck-Schaltern.

Für den Fall des Kondensatoranschlusses an die Klemmen *UVW* zeigt Bild 3b den gefährlichen Schaltzustand. Hier ist angenommen, daß anders als im Falle a nach dem Anlauf in Sternschaltung zunächst die Verbindung mit dem Netz geöffnet wird und die Sternverbindung geschlossen bleibt. Da bei Sternschaltung die Nennleistung des Motors nur zu einem Drittel der normalen Nennleistung anzusetzen ist, ruft der für den Normalzustand, d. h. die Dreieckschaltung, bemessene Kondensator eine beträchtliche Überkompensierung hervor. Infolgedessen kann in diesem Falle durch sogenannte Selbsterregung der Motor als Generator mit einer Spannung wirken, die wegen der starken Überkompensierung beträchtlich über der Nennspannung liegen kann. Bei einem Versuch mit den bereits erwähnten Größen von Motor und Kondensator ergab sich beispielsweise am Kondensator eine Spannung von 850 V. Die bei den Versuchen gemessenen Spannungen können nur einen Begriff von der Größenordnung der Überbeanspruchung ergeben, da die Absolutwerte selbstverständlich von vielen Einzelheiten, insbesondere von der Dämpfung, abhängen.

Die beiden gefährlichen Schaltzustände nach Bild 3 treten nun nicht notwendig bei jedem Stern-Dreieck-Schalter oder -Schütz auf, und außerdem ist ja jeweils nur eine der beiden Möglichkeiten a oder b gegeben. Die Einzelkompensierung eines Motors mit Stern-Dreieck-Schalter muß also nicht zwangläufig zu einer gefährlichen Spannungserhöhung führen. Trotzdem empfiehlt es sich aber, diese Schaltung sicherheitshalber zu vermeiden und statt dessen die Gruppen- oder Zentralkompensierung zu wählen.

Wenn man das zwangläufige gleichzeitige Schalten von Motor und Kondensator wie bei der Einzelkompensierung wünscht, kann man auch den Kondensator über ein Schütz, das von einem Hilfskontakt am Stern-Dreieck-Schalter oder ähnlich gesteuert wird, parallel zum Motor ans Netz legen.

4. Beeinflussung von Wirkverbrauchzählern

Gegen den Kondensator wird bei aller Anerkennung seiner nützlichen und sparenden Eigenschaften manchmal der Vorwurf erhoben, daß er die Anzeige von Wirkverbrauchzählern über das Maß seiner Verluste, d. h. seines Wirkverbrauches hinaus, erhöhe. Beispielsweise wird bei einem Betrieb mit einem Transformator von 100 kVA und voller Belastung bei dem Zuschalten eines Kondensators von 50 BkVA erwartet, daß die Drehzahl des Wirkverbrauchzählers sich entsprechend den Verlusten des Kondensators um etwa 0,1 kW erhöht. Beobachtet wird aber eine Erhöhung von beispielsweise 2 oder 3 kW. Bei näherer Betrachtung liegt es auf der Hand, daß ein Schluß aus dieser Leistungserhöhung auf die Verluste des Kondensators völlig abwegig ist. Zu erklären ist die höhere Wirkleistung, falls nicht eine Täuschung durch Belastungsänderungen vorliegt, meistens durch die vom Kondensator verursachte Spannungserhöhung. Dabei entspricht bekanntlich einer Spannungssteigerung von 1 % eine Leistungssteigerung von 2 %. Diese Leistungssteigerung stellt aber nicht etwa einen Verlust dar, sondern wird dem Stromabnehmer als nutzbare Energie zugeführt. Dieser Leistungssteigerung überlagert sich außerdem noch eine Abnahme der Wirkverluste in den vom Blindstrom entlasteten Anlageteilen. Gegenüber diesen Einflüssen sind die Kondensatorverluste im allgemeinen verschwindend klein und daher zu vernachlässigen, jedenfalls aber nicht am Zähler feststellbar.

Ein anderer Fall liegt vor, wenn beispielsweise nachts ein Wirkverbrauchzähler ausschließlich den Strom eines Kondensators führt. Auch dann werden manchmal Wirkleistungen abgelesen, die dem Zehn- oder Hundertfachen der Kondensatorverluste entsprechen. Dabei ist ohne weiteres klar, daß ein Wirkverbrauchzähler bei einer Belastung mit etwa 0,1 oder 0,2 % der Nennlast bei einem Leistungsfaktor von $\cos \varphi = 0{,}002$, jedoch bei einem Strom von der Größenordnung des Nennstromes, Werte anzeigt, die kaum noch einen Zusammenhang mit der tatsächlichen Wirkleistung aufweisen. Versuche mit normalen Zählern von drei verschiedenen Herstellern ergaben beispielsweise Fehler von + 700 bis + 1100 %, doch sind ebenso gut negative Fehler dieser Größenordnung möglich[4]). Die wirtschaftlichen Auswirkungen dieses Zählerfehlers sind nun aber für den Stromverbraucher meistens völlig belanglos und beeinträchtigen bei den üblichen Blindstromtarifen auch die Sparwirkung des Kondensators in keiner Weise. Entgegenzutreten ist der manchmal anzutreffenden irrigen Auffassung, daß der Wirkverbrauch ständig um den beschriebenen festgestellten Betrag erhöht wird, da die fehlerhafte Messung ja nur in lastfreien Zeiten auftritt, in denen der Kondensator entgegen der normalen Vorschrift nicht abgeschaltet wird. Eine Nachrechnung wird im allgemeinen ergeben, daß der Fehler für den Jahresdurchschnitt innerhalb der für Zähler erreichbaren Meßgenauigkeit von 1 bis 3 % bleibt. Sollte es in Sonderfällen anders sein, so muß dafür gesorgt werden, daß die

[3]) P. Hochhäusler, ETZ 59 (1938) S. 457.

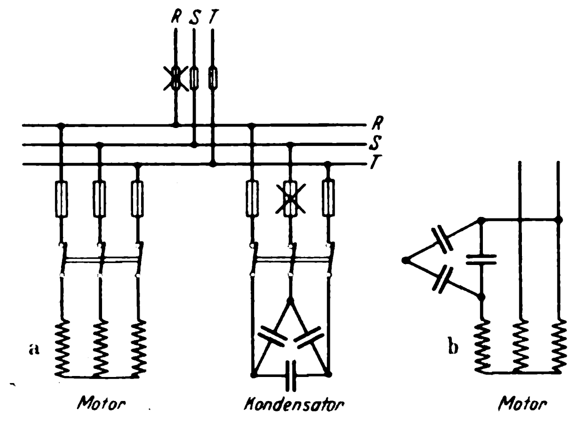
[4]) Diese Versuche wurden von der Firma Scherb u. Schwer K.G., Berlin-Weißensee, zusammen mit den Heliowatt-Werken, Berlin, durchgeführt.

überflüssigen Kondensatoren zu Schwachlast- und Leerlaufzeiten abgeschaltet werden, was schon mit Rücksicht auf die Spannungserhöhung zweckmäßig ist. Bei Anwendung eines leistungs- oder zeitabhängigen Relais geschieht das selbsttätig.

Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, daß ein hoher Kondensatorverlust manchmal auch dadurch vorgetäuscht wird, daß der Kondensatorstrom in einer längeren Leitung Wirkverluste verursacht. Bei üblicher Bemessung hat ein Kondensator von 100 BkVA beispielsweise Leitungsverluste von 2 bis 3 kW je 100 m zur Folge. Bei richtiger Planung und Bedienung werden übermäßige Verluste dieser Art selbstverständlich vermieden.

5. Drehfeldumkehr

In vereinzelten Fällen wurde beobachtet, daß plötzlich alle oder einzelne Drehstrommotoren eines Betriebes ihre Drehrichtung umkehrten oder umzukehren versuchten, bis die Sicherungen ansprachen. Die Untersuchung ergab einen Zustand nach Bild 4 a, bei der zufällig gleichzeitig in einer Phase der Hauptzuleitung und in einer anderen Phase der Kondensatorzuleitung je eine Sicherung schadhaft ist. Das ergibt die in Bild 4 b vereinfacht dargestellte Schaltung. Man erkennt, daß es sich dabei um die zum Anschluß von Drehstrommotoren an ein Einphasennetz gebräuchliche Schaltung handelt, bei der die nicht unmittelbar an das Netz gelegte Motorphase über einen Kondensator angeschlossen ist. Je nach den Nennleistungen der beteiligten Maschinen und Kondensatoren und je nach den gerade unterbrochenen Phasen kann sich nun die eine oder die andere Drehrichtung oder auch Stillstand der Motoren ergeben. Da die Wahrscheinlichkeit nur gering ist, daß alle Voraussetzungen für die Drehfeldumkehr zusammentreffen, ist diese Erscheinung auch nur äußerst selten beobachtet worden. Sie läßt sich beispielsweise dadurch vermeiden, daß man wenigstens an einer der in Betracht kommenden Stellen Sicherungseinrichtungen mit dreipoliger Abschaltung verwendet.



a vollständige Schaltung b vereinfachte Schaltung

Bild 4. Einpolige Unterbrechung der Hauptleitung und der Kondensatorleitung in verschiedenen Phasen.

6. Spannung am abgeschalteten Kondensator

Während die bisher besprochenen Fälle Einwirkungen auf elektrische Anlageteile umfassen, sind schließlich noch zwei weitere Punkte zu erwähnen, die eine Gefährdung des Bedienungspersonals bringen können. Da sie wiederholt beschrieben und allgemein bekannt sind, werden sie hier nur der Vollständigkeit halber kurz angeführt.

a Entladung des abgeschalteten Kondensators

Bekanntlich kann auch der vom Netz abgeschaltete Kondensator noch längere Zeit Spannung führen, so daß es notwendig ist, ihn zuverlässig zu entladen, bevor man ihn oder mit ihm verbundene Anlageteile berührt.

b Selbsterregung

Bei Überkompensierung kann der durch eine äußere Kraft gedrehte oder auslaufende, vom Netz getrennte Asynchronmotor als Generator wirken und dabei eine höhere Spannung als seine Nennspannung führen, wie schon im Zusammenhang mit Bild 3 b erörtert wurde. Deshalb soll der einzeln kompensierte Motor nach dem Abschalten vorsichtshalber nicht berührt werden, bevor er stillsteht. Außerdem soll man Überkompensierung vermeiden. Bei Motoren für Hebezeuge und entsprechenden Maschinen mit Bremslüftmagneten ist von der Einzelkompensierung überhaupt abzuraten, um fehlerhaftes Arbeiten der Bremsen infolge von Selbsterregung auszuschließen.

7. Zusammenfassung

Die beim Betrieb von Phasenschieber-Kondensatoren tatsächlich oder scheinbar auftretenden Schwierigkeiten beruhen zum großen Teil auf falscher Anwendung oder Beurteilung; sie lassen sich bei genauer Kenntnis der Besonderheiten des Kondensatorbetriebes durch zweckmäßige Planung und Bedienung stets vermeiden, so daß die bekannten Vorteile des Kondensators durch keinerlei Nachteile erkauft zu werden brauchen.

Versuche an Schrauben aus Magnesiumlegierungen

DK 621.882.21 : 669.721

Durch die häufigere Anwendung von Magnesium als Werkstoff im Fahrzeug- und Flugzeugbau[1]) trat auch die Frage der Verwendungsmöglichkeit dieses Werkstoffes für Schrauben auf. Es wurden deshalb Versuche an Schrauben aus den Magnesiumlegierungen Magnewin 3501, 3510, 3512 und 3515 angestellt, die sich auf zügige und wechselnde Beanspruchung erstreckten. Dabei erwies sich bei zügiger Beanspruchung als Mutterwerkstoff eine gegenüber dem Schraubenwerkstoff weichere Legierung als günstig. Für Schrauben, die infolge schräger Mutterauflage zusätzliche Biegespannung erhalten, ist die weichere Legierung besser geeignet. Das Anziehen der Mutter mit dem gleichen Drehmoment bringt bei verschiedenen Schrauben starke Streuungen der Größe der Vorspannkraft infolge verschiedener Gewindereibung. Dauerzugversuche an unverspannten Schrauben zeigen einen nur unwesentlichen Einfluß der Gewindeart — Feingewinde, metrisches-, Whitworthgewinde — auf die Dauerfestigkeit. Auch Zugmutter und Mutter mit Ringkerbe verbessern die Dauerfestigkeit dieser verhältnismäßig weichen Werkstoffe nicht, ebenso zeigt die Dauerfestigkeit von Dehnschrauben keinen Unterschied gegenüber Starrschrauben. Dauerzugversuche an verspannten Schrauben, was der betrieblichen Beanspruchung entspricht, zeigen Vorteile des Feingewindes gegenüber Normalgewinde und bessere Eignung von Dehnschrauben gegenüber Starrschrauben. Als Gesamtergebnis ist festzustellen, daß Schrauben aus Magnesiumlegierungen nur ruhenden Spannungen oder Wechselspannungen mit geringem Spannungsausschlag ausgesetzt werden dürfen. Als besonderer Vorteil wäre ihre Anwendung an Bauteilen aus Magnesiumlegierungen zu nennen, wo Stahlschrauben bei Korrosionsangriff unangenehm werden können. Die Vorspannungsmöglichkeit von Schrauben aus Magnesiumlegierungen ist gering. Stahlschrauben mit hoher Fließgrenze lassen sich daher durch sie nicht ersetzen, da dies größere Schraubenquerschnitte und größere Abmessungen der zu verbindenden Teile zur Folge hätte. *Eb.*

[1]) A. Thum u. H. Lorenz, Z. VDI 84 (1940) S. 667; 6½ S., 25 B.

Schnellarbeitender Richtungs-Quervergleichsschutz für kurze parallele Kabel

Von F. Fröhlich VDE, Berlin

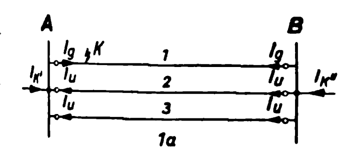
DK 621.316.925

Übersicht. Ein schnellarbeitender Vergleichsschutz für kurze parallele Kabel wird beschrieben, für den keine Hilfsleitungen zwischen den Stationen benötigt werden.

Für kurze parallele Starkstromkabel, die von zwei Seiten gespeist werden, ist es wegen der geringen Leiterwiderstände mitunter nicht möglich, einen Distanzschutz zu verwenden. Gewöhnlich wird dann ein L ä n g s vergleichsschutz vorgeschlagen, der Hilfsleitungen zwischen den Stationen erfordert[1]). Den Schutz solcher Kabel kann man auch ohne Hilfsleitungen sicher durchführen, wenn man Überstromrichtungsrelais[2]) und Zeitrelais in der nachstehend beschriebenen Schaltung mit Richtungs-Q u e r vergleich verwendet[3]).

1. Aufgabe, Schaltung und Arbeitsweise des Richtungs-Quervergleichsschutzes

Bild 1 zeigt drei parallele Kabel, die von zwei Seiten gespeist werden. Im Kabel *1* sei an der Stelle *K* ein Kurzschluß angenommen. Die Richtung der Fehlerenergie für die einzelnen Leistungsschalter ist dann so, wie es die Teilbilder 1 a und 1 b zeigen. In der Station *A* sperren dabei die Richtungsrelais der zwei ungestörten Kabel, während das Relais des gestörten Kabels in Auslöserichtung zeigt (Bild 1 a). In Station *B* sperren nach dem

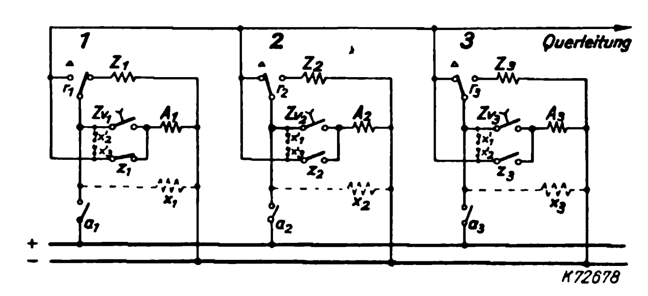


I_k' speisender Kurzschlußstrom in *A*
I_k'' speisender Kurzschlußstrom in *B*
I_g Ströme der gestörten Leitung
I_u Ströme der ungestörten Leitung

Bild 1. Richtung der Fehlerenergie bei einem Kurzschluß in drei parallelen Kabeln.

Abschalten des Fehlers in *A* ebenfalls zwei Relais, das dritte gibt auch hier die Auslösung frei (Bild 1 b). Nutzt man die verschiedenen Ausschläge der Richtungsrelais nach der Sperr- und Auslöserichtung zu einer unverzögerten Auslösung der Schalter des gestörten Kabels aus oder, besser ausgedrückt, vergleicht man die Energierichtungen in den geschützten Kabeln einer Station untereinander (Quervergleich) zum Zwecke einer Sofortauslösung, so läßt sich eine selektive Auswahl des gestörten Kabels mit kurzer Abschaltzeit herbeiführen.

Bild 2 zeigt die Grundschaltung des Schutzes für drei parallele Kabel. Jeder Schalter erhält ein Überstromrichtungsrelais mit Ausschlag nach zwei Seiten und ein Zeitrelais mit einem unverzögerten und einem verzögerten Kontakt. Die gezeichnete Stellung der Relaiskontakte gilt für einen Fehler im Kabel *1* von Bild 1. Hiernach schlagen die Richtungsrelais der ungestörten Kabel *2* und *3* in Sperrichtung aus, während das Richtungsrelais des Kabels *1* die Auslöserichtung angibt. Beim Relais des Kabels *1* wird durch die Kontakteinrichtung r_1 des Richtungsrelais das Zeitrelais Z_1 an Spannung gelegt und von diesem zunächst der unverzögerte Kontakt z_1 geschlossen. Damit schließt sich der Auslösestromkreis vom Pluspol der Batterie über die Kontakte r_2 oder r_3 der Richtungsglieder und den geschlossenen, unverzögerten Kontakt z_1 des Zeitrelais Z_1 zur Auslösespule A_1 des Schalters der Leitung *1*.



$a_1 \cdots a_3$ Kontakte der Anregeglieder
$r_1 \cdots r_3$ Kontakte der Richtungsglieder
$Z_1 \cdots Z_3$ Zeitrelais
$z_1 \cdots z_3$ unverzögerte Kontakte der Zeitrelais
$zv_1 \cdots zv_3$ verzögerte Kontakte der Zeitrelais
$A_1 \cdots A_3$ Auslösespulen der Schalter der Leitungen 1, 2 und 3
$X_1 \cdots X_3$ Hilfsrelais
$x_1' \cdots x_3'$ Kontakte der Hilfsrelais *X*
Δ Sperrichtung

Bild 2. Grundschaltung des Richtungs-Quervergleichsschutzes für drei parallele Kabel.

Nach dem Abschalten des Kabels *1* in *A* sprechen die Relais in *B* an. Der Leistungsschalter des Kabels *1* (vgl. Bild 1 b) schaltet dann in der gleichen Weise aus, wie es für die Station *A* angegeben wurde. Die Schutzeinrichtungen an beiden Leitungsenden sprechen hierbei nacheinander an. Ihre Auslösezeiten addieren sich also. Geben aus irgendeinem Grunde r_2 oder r_3 keinen Kontakt, so wird die Abschaltung des gestörten Kabels von dem verzögerten Kontakt z_{v1} der Zeitrelais veranlaßt. Bei Sammelschienenfehlern in *A* oder *B* übernehmen diese Kontakte ebenfalls die Abschaltung.

Die Relais der ungestörten Kabel geben hiernach durch ihren Ausschlag in Sperrichtung stets die Veranlassung zum schnellen Abschalten des gestörten Kabels, vorausgesetzt, daß sie einen genügend großen Ansprechstrom erhalten. In welchem Umfange diese Voraussetzung gegeben ist, wird nachstehend geklärt.

2. Verteilung der Kurzschlußströme auf den Leitungen

In Bild 3 ist für die drei parallelen Kabel von Bild 1 die Verteilung des Stromes bei einem Kurzschluß in einem Kabel in Abhängigkeit von der Entfernung *l* der Fehlerstelle von A bei Speisung von zwei Seiten ($I_k' = I_k''$) angegeben. Bei der Berechnung der Stromverteilung ist zur Vereinfachung angenommen, daß der Widerstand der parallelen Kabel klein ist gegen den Widerstand des übrigen Kurzschlußpfades des Netzes bzw. der Einspeisestellen, so daß für eine beliebige Lage des Kurzschlusses auf den parallelen Kabeln der gesamte Kurzschlußstrom als konstant angesehen werden kann. Diese Annahme entspricht meist den praktischen Verhältnissen. Für die

[1]) Umfassende Beschreibung der Längs-Vergleichsschutzeinrichtungen in M. Walter, Relaisbuch der WEV und des REV, 2. Auflage, S. 146. Franckh'sche Verlagshandlung, Berlin 1940.
[2]) Richtungsrelais mit Überstromanregegliedern.
[3]) DRP 646 348 und Zusatzpatent 653 787.



Kabel ist ferner gleiche Länge und gleicher Querschnitt eingesetzt worden.

Die Stromanteile I_g und I_u sind in Bild 3 in % der speisenden Kurzschlußströme I'_k und I''_k angegeben, wobei durch positive und negative Bewertung die Richtung der Fehlerleistung bezeichnet wird. Als positiv ist z. B. in Bild 3a die Leistungsrichtung von A nach B und in Bild 3b die Leistungsrichtung von B nach A (d. h. zur Fehlerstelle hin) bezeichnet. Ferner ist, da der Strom sich unabhängig von der Gesamtleitungslänge verteilt, l in % eingesetzt. Bild 3a gilt für die volle Parallelschaltung der drei Kabel nach Bild 1a, während Bild 3b die Stromverteilung gemäß Bild 1b nach dem Abschalten des Leistungsschalters in A angibt. Die Stromanteile I_u erhöhen sich nach dem Abschalten in A. Dadurch wird die Richtungsumkehr der Relais der ungestörten Leitungen in B sicher gewährleistet. In den weiteren Ausführungen wird deswegen auch die Stromverteilung nach dem Auslösen eines Schalters nicht mehr berücksichtigt.

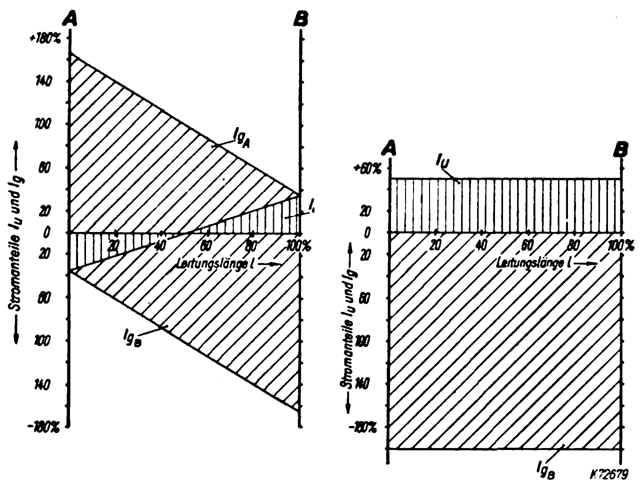


Bild 3a. Stromverteilung für Schaltung nach Bild 1a.

Bild 3b. Stromverteilung für Schaltung nach Bild 1b (Schalter in A hat abgeschaltet).

I_g Ströme der gestörten Kabel
I_u Ströme der ungestörten Kabel $\Big\}\ I'_k = I''_k$

Bild 3. Verteilung des Kurzschlußstromes auf die gestörten und die ungestörten Leitungen für drei parallele Kabel in Abhängigkeit von der Lage der Kurzschlußstelle.

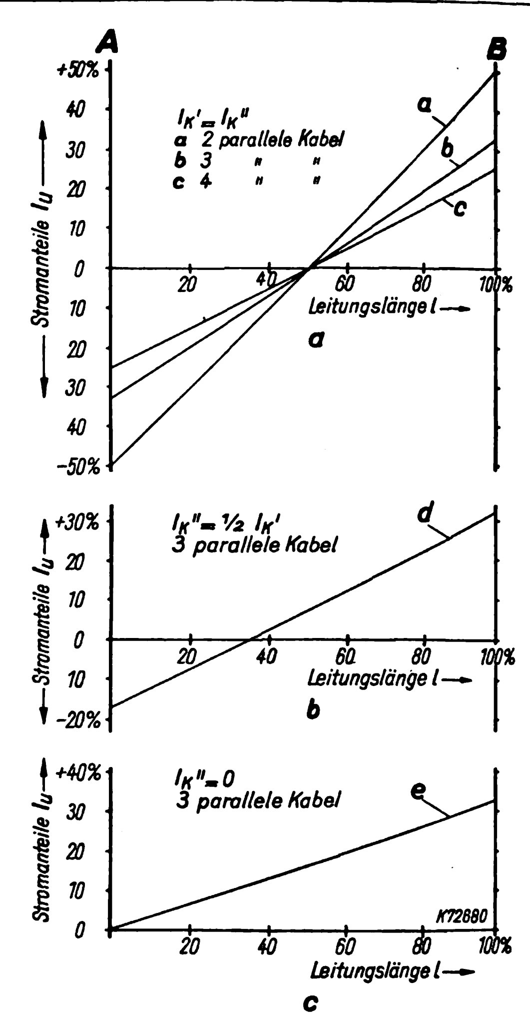


Bild 4. Kurzschlußstromanteile I_u der ungestörten Leitungen in % von I_k.

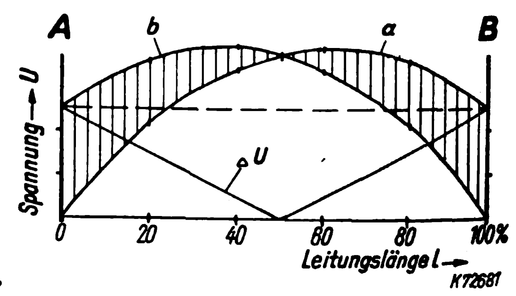
Die Stromteile I_u der gesunden Kabel sind in Bild 4a bis 4c abhängig von der Zahl der parallelen Kabel und für verschiedene Einspeisungen gesondert eingetragen. Die Kurven a, b und c (Bild 4a) geben die Stromanteile I_u für zwei, drei und vier Kabel bei einer Einspeisung mit gleich großem Kurzschlußstrom von beiden Seiten ($I'_k = I''_k$) an. Die Kurve d gilt für drei Kabel bei einem Verhältnis 1 : 2 der zufließenden Kurzschlußströme (Bild 4b). Aus der Kurve e ist I_u, ebenfalls für drei Kabel, bei einseitiger Speisung zu entnehmen (Bild 4c).

Bei zweiseitiger Speisung (Bild 4a und 4b) ändert sich der Stromanteil I_u von einem positiven Höchstwert über Null zu einem negativen Höchstwert. I_u wird Null, wenn sich an den Sammelschienen der Stationen A und B eine gleich große Spannung einstellt, so daß zwischen den Stationen infolge mangelnder Spannungsdifferenz kein Stromausgleich stattfindet (Bild 5). Eine schnelle Abschaltung des gestörten Kabels kann hierbei nicht durch die Relais der gesunden Leitungen geschehen, weil diese Relais nicht angeregt werden. I_u muß also mindestens den Ansprechstrom der Überstrom-Richtungsrelais erreichen, andernfalls erfolgt eine verzögerte Abschaltung durch die Kontakte z_v der Zeitrelais, die ihre Anregung von den Überstrom-Richtungsrelais der gestörten Leitung erhalten (Bild 2).

3. Abschaltzeiten der Schutzeinrichtung und Angleichen an vorhandene Systeme

Die Abschaltzeiten der Schutzeinrichtung kommen in Bild 6 zum Ausdruck. Die Kennlinie hat Ähnlichkeit mit der von Stufendistanzrelais. Die Abschaltzeit in der zweiten Zone stellt sich bei Distanzrelais stets bei Fehlern am Leitungsende ein, während die Kennlinie des Richtungs-Quervergleichsschutzes eine verlängerte Abschaltzeit für Fehler im mittleren Bereich der Leitungsstrecke ergibt. Die schnelle Abschaltung von Fehlern an den Leitungsenden zeigt sich als Vorteil, weil Fehler an Kabelenden, z. B. an den Endverschlüssen, häufiger als in Kabeln selbst auftreten.

Die Angleichung des Richtungs-Quervergleichsschutzes an ein im übrigen Netz vorhandenes Schutz-



a, b Spannung in A bzw. B
ΔU Spannungsunterschied zwischen A und B
$I'_k = I''_k$, drei parallele Kabel

Bild 5. Spannungen in A und B in Abhängigkeit von der Lage der Fehlerstelle.

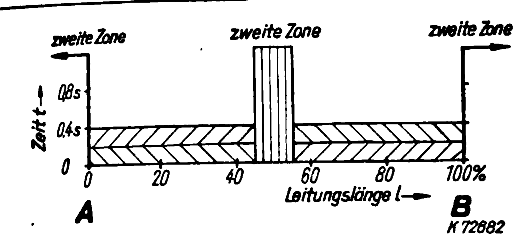
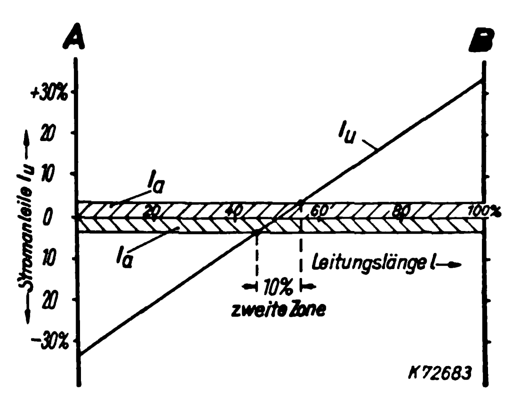


Bild 6. Auslösekennlinie des Richtungs-Quervergleichsschutzes.

system, z. B. an einen Distanzschutz, ist ohne weiteres möglich. Dabei ist lediglich die Kennlinie in Bild 6 zu beachten, damit die Auslösezeit in der dritten Zone der Distanzrelais gegenüber der Auslösezeit des Richtungsschutzes in der zweiten Zone richtig eingestellt wird. Eine Anpassung an andere Zeitstaffelsysteme läßt sich unter Wahrung der üblichen Reservestellung und unter Einschluß der selektiven Abschaltung von Sammelschienenfehlern ebenfalls durchführen.

4. Graphische und rechnerische Ermittlung der zweiten Zone

Die Länge der zweiten Zone wird in einfacher Weise graphisch ermittelt, und zwar dadurch, daß man den Stromanteil I_u der ungestörten Leitungen bei Kurzschluß aufzeichnet und parallel zur Abszissenachse den Ansprechstrom I_a der Überstrom-Richtungsrelais aufträgt (Bild 7). Zwischen den Schnittpunkten der Kennlinie des Stromes I_u



I_u Strom der ungestörten Leitungen in % von I_k
I_a Ansprechstrom der Überstrom-Richtungsrelais in % von I_k
$I'_k = I''_k$

Bild 7. Ermittlung der Länge der zweiten Zone.

und des Ansprechstromes I_a der Überstrom-Richtungsrelais kann der Bereich der zweiten Zone in % der Leitungslänge unmittelbar abgelesen werden.

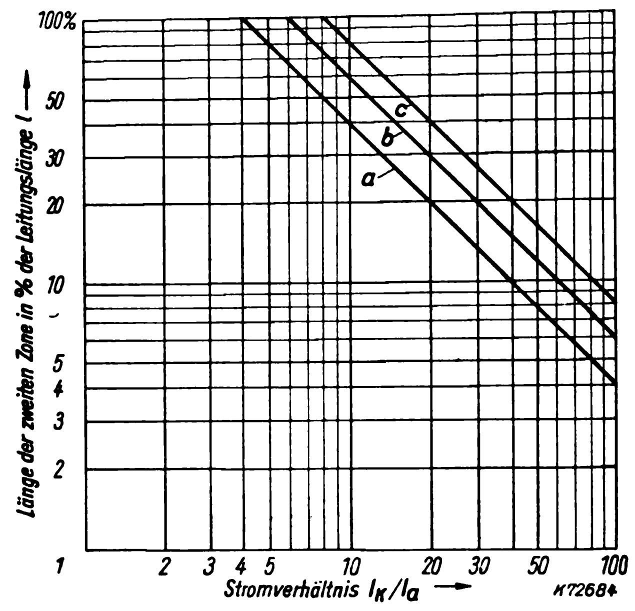
I_a ist mit I_k durch eine Beziehung verbunden, die die Ermittlung von I_u erspart und eine rechnerische Bestimmung der zweiten Zone gestattet. Man ermittelt sie zu

$$l\,\% = \frac{200 \cdot n}{I_k/I_a}\,.$$

Hierin bedeuten

- l die Länge der zweiten Zone in % der Leitungslänge,
- n die Anzahl der parallelen Kabel mit gleichen Abmessungen,
- I_k den Kurzschlußstrom ($I'_k + I''_k$),
- I_a den Ansprechstrom der Überstrom-Richtungsrelais.

Die Länge l der zweiten Zone kann für gleiche parallele Kabel in Abhängigkeit vom Verhältnis I_k/I_a aus



a 2 parallele Kabel *b* 3 parallele Kabel *c* 4 parallele Kabel

Bild 8. Länge der zweiten Zone in % in Abhängigkeit vom Stromverhältnis I_k/I_a.

Bild 8 ermittelt werden. Sie beträgt bei zwei parallelen Kabeln z. B. 20 % bei $I_k/I_a = 20$. Ist $I_k/I_a = 80$ und sind vier Kabel vorhanden, so erstreckt sich die zweite Zone über 10 % der Leitungslänge.

Bei kleineren Werten von I_k/I_a wird die zweite Zone verhältnismäßig groß. Eine Anwendung des Schutzes in der vorbeschriebenen Schaltung ist daher nur in Kabelnetzen mit großem Kurzschlußstrom am Platze. In Industrieanlagen sowie in Eigenbedarfsanlagen von Kraftwerken mit 3 bis 6 kV Betriebsspannung sind günstige Arbeitsbedingungen für eine solche Schutzeinrichtung meist gegeben. Hier haben die Kurzschlußströme nicht selten Werte von 8 bis 10 kA bei Stromwandlerübersetzungen von 100 bis 250/5 A, so daß I_k/I_a 40 bis 80 beträgt und sich die zweite Zone, je nach der Zahl der Kabel, über etwa 5 bis 20 % der Leitungslänge erstreckt.

5. Schnellabschaltung mittels Hilfsrelais

Die verhältnismäßig hohe Abschaltzeit in der zweiten Zone kann durch eine einfache Ergänzung der Schutzeinrichtung, die in Bild 2 gestrichelt eingetragen ist, auf eine Schnellzeit von etwa 0,2 s herabgesetzt werden. Wenn man davon ausgeht, daß bei Fehlern innerhalb der zweiten Zone nur die Relais der gestörten Leitung angeregt werden, während alle Anregeglieder der nicht betroffenen Leitungen in Ruhe bleiben (vgl. Bild 5), so läßt sich durch ein Hilfsrelais X in jedem Auslösehilfsstromkreis eine schnelle Abschaltung herbeiführen. Wird von den Richtungsrelais einer Station nur eines angeregt, so kann auch nur einer der Kontakte z_1 bis z_3 betätigt und nur eine der Auslösespulen A_1 bis A_3 erregt werden. Bei einem Fehler in der zweiten Zone auf der Leitung *1* wird der Kontakt z_1 geschlossen und nur der Auslöser A_1 über die Kontakte x'_2 und x'_3 direkt unverzögert eingeschaltet. Sprechen dagegen in einer Station die Anregeglieder aller drei Kabel an, so wird die Schnellauslösung infolge der gegenseitigen Unterbrechung des Hilfsauslöse-Stromkreises durch die Relais X_1 und X_3 unwirksam. Der Fehler liegt dann im Bereich der ersten oder der dritten Zone, in denen die Abschaltung verzögert vorgenommen wird. Ist nur ein Kabel eingeschaltet, so muß eine Schnellabschaltung durch Hilfskontakte an den Leistungsschaltern verhindert werden.

6. Kennlinie des Richtungs-Quervergleichsschutzes mit Schnellabschaltung

Die Kennlinie des Richtungs-Quervergleichsschutzes mit kurzer Abschaltzeit im Bereich der zweiten Zone hat einen Verlauf gemäß Bild 9. Innerhalb der ersten Zone sprechen die Relais in den Stationen *A* und *B* nacheinander an, so daß sich die Auslösezeiten addieren. Fehler in der zweiten Zone werden beiderseits gleichzeitig schnell abgeschaltet. Bei Ausschlag aller Richtungsglieder einer Station im Auslösesinne, z. B. bei einem Sammelschienenfehler oder bei einem Fehler außerhalb des Schutzbereiches, werden alle Schalter dieser Station erst nach Ablauf der Zeitrelais durch deren verzögerte Kontakte ausgelöst (vgl. Bild 2). Diese verzögerte Auslösung (Grenzzeit) ist richtungsabhängig und beliebig einstellbar. Die Ausführung der Schutzeinrichtung mit einer Kennlinie nach Bild 9 erlaubt eine freizügige Anwendung auch bei kleinem Verhältnis I_k/I_a bei einwandfreier Zusammenarbeit mit anderen Schutzarten.

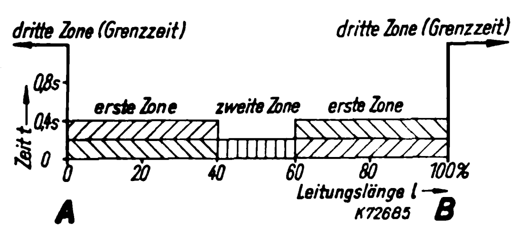


Bild 9. Auslösekennlinie des Richtungs-Quervergleichsschutzes mit Schnellabschaltung innerhalb der zweiten Zone und einstellbarer, richtungsabhängiger Grenzzeit.

7. Anwendbarkeit des schnellarbeitenden Richtungs-Quervergleichsschutzes

Der schnellarbeitende Richtungs-Quervergleichsschutz ist bei einfachem Netzaufbau grundsätzlich für alle parallelen Kabel- oder Freileitungen anwendbar, sofern die angegebene Anregebedingung erfüllt wird. Vorteile gegenüber den bekannten Schutzeinrichtungen ergeben sich jedoch nur bei kurzen parallelen Leitungen (Kabeln), da ihre Wirkungsweise vom Leitungswiderstand unabhängig ist und keine Hilfsleitungen zwischen den Stationen erforderlich sind. Mit Rücksicht auf die Zeitstaffelung muß beim Zusammenarbeiten mit Distanzrelais im übrigen Netz wie bei jedem Vergleichsschutz für die dritte Zone eine Auslösezeit (Grenzzeit) eingestellt werden, die für den Schutz der Sammelschienen verhältnismäßig hoch wird.

In mehrfach gespeisten und vermaschten Netzen mit längeren Leitungen können die beschriebenen Schutzeinrichtungen in der Regel nicht angewendet werden, da es dann nicht möglich ist, ihre Grenzzeiten selektiv zu staffeln. Man wird dabei stets einem Distanzschutz den Vorzug geben oder auch bei vorhandenen bzw. noch für andere Zwecke benötigten Hilfsleitungen einen Längsvergleichsschutz vorsehen.

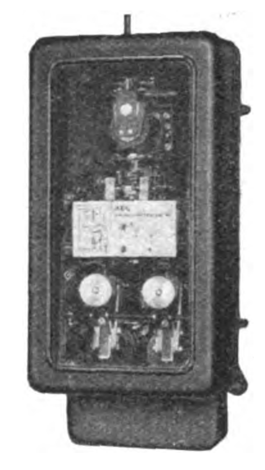



Bild 10. Überstromrichtungsrelais und Zeitrelais. (Ausrüstung für einen Leistungsschalter).

Bild 10 zeigt die Schutzeinrichtung, die aus einem Überstromrichtungsrelais und einem Zeitrelais für einen Leistungsschalter besteht.

Zusammenfassung

Kurze parallele Kabel können auch mit einfachen Schutzrelais, d. s. Richtungsrelais und Zeitrelais, selektiv geschützt werden, ohne daß, wie beim Längsvergleichsschutz, Hilfsleitungen zwischen den Stationen vorzusehen sind. Der Quervergleichsschutz ist bei beliebig vielen parallelen Leitungen anwendbar. Ein Zusammenarbeiten mit anderen Schutzsystemen im übrigen Netz, z. B. mit Distanzrelais, ist ohne Schwierigkeiten möglich.

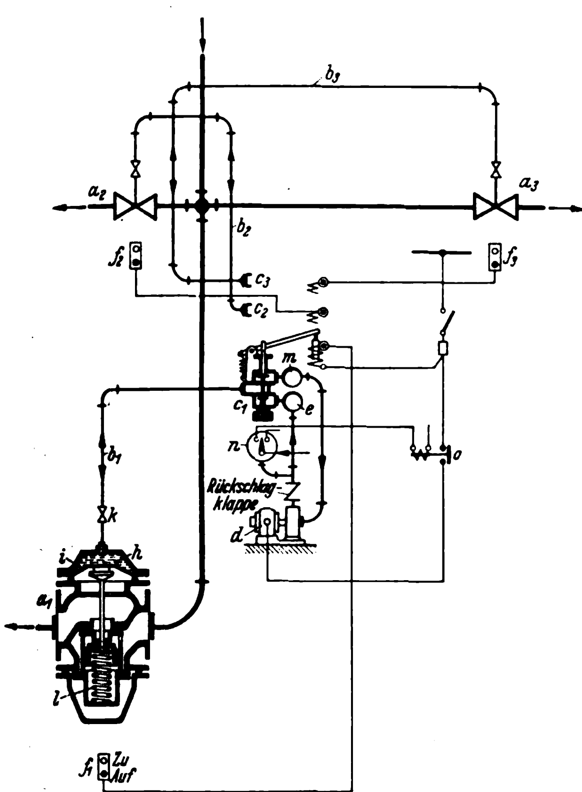
Die zentrale Vorsteuerung für Rohrleitungs-Fernventile

DK 621—38 : 621.318.38

Die elektrisch ferngesteuerten Ventile in den üblichen Ausführungsarten als Magnet-, Motor- sowie elektrohydraulische Ventile u. a. werden als Einzelventile gebaut und verwendet, d. h. jeder Ventilantrieb bildet hierbei eine mehr oder weniger komplizierte elektromechanische bzw. elektrohydraulische Betriebseinheit. Deshalb sind auch solche Ventile nur dort von Vorteil, wo sie im Zuge einer Rohrleitung als Einzelventile angewendet werden. Sollen jedoch innerhalb einer räumlich mehr oder weniger ausgedehnten Werkanlage mehrere Rohrleitungsventile ferngesteuert werden, so ist nach Bild 1 eine Fernsteuerung unter Verwendung einer elektromagnetischen Vorsteuerventilgruppe für das Steuermittel Öl oder Druckluft deshalb vorteilhafter, weil hierbei nicht nur eine erhebliche Vereinfachung des Ganzen in baulicher Hinsicht, sondern zugleich auch eine Steigerung der Betriebssicherheit erreicht wird durch die völlige Entlastung der Fernventile von allen elektromechanisch feingliedrigen Steuerelementen. Das ist natürlich besonders dort erwünscht, wo der rauhe Betrieb mit Rücksicht auf eine unbedingte Dauerbetriebssicherheit die größtmögliche Einfachheit der Betriebsmittel fordert.

Das Ausführungsbeispiel in Bild 1 zeigt drei Hauptventile a_1 bis a_3, die durch die Drucköl- oder Druckluftleitungen b_1 bis b_3 mit den zugehörigen elektromagnetischen Vorsteuer-Dreiwegventilen c_1 bis c_3 verbunden sind. Die elektromotorisch angetriebene Preßpumpe *d* fördert das Druckmittel in den Verteiler *e* des Ventilstockes bzw. bei Druckluftfernsteuerung in den zugehörigen Windkessel. Wird das Hauptventil a_1 und damit zugleich das zugehörige Vorsteuer-Dreiwegventil c_1 durch den Kommandoschalter f_1, z. B. einen Doppeldruckknopfschalter, eingeschaltet, so öffnet sich das Hauptventil a_1, wobei das Druckmittel den Biegekolben *i* nach unten verdrängt, und zwar unter Überwindung des steigenden Gegendruckes der Schraubenfeder *l*. Die Verstellgeschwindigkeit ist einstellbar durch den Drosselhahn *k*. Das Ventil a_1 verharrt nun in der erreichten Grenzstellung, weil der zentrale Druckwächter *n* dafür sorgt, daß jeder unzulässige Druckabfall in der Steuerleitung b_1 oder im

Druckraum h sofort durch die druckabhängige Selbststeuerung der Elektropumpe d ausgeglichen wird. Das Hauptventil schließt sich erst dann wieder, wenn durch



$a_1 \cdots a_3$	Hauptventile	h	Druckraum
$b_1 \cdots b_3$	Druckluft- oder Drucköl-Steuerleitungen	i	Biegekolben
$c_1 \cdots c_3$	elektromagnetische Vorsteuer-Dreiwegventile	k	Drosselhahn
d	Preßpumpe	l	Schraubenfeder
e	Verteiler	n	Druckwächter (Kontaktmanometer)
$f_1 \cdots f_3$	Kommandoschalter (Doppeldruckknopfschalter)	o	Motorschutz

Bild 1. Ausführungsplan einer Fernsteuerung mit elektromagnetischer Vorsteuer-Ventilgruppe.

den Impulsgeber f_1 das Vorsteuerventil c_1 umgeschaltet wird, z. B. durch den Druckknopf „Zu". Sofort erfolgt ein Druckausgleich, natürlich nur im zugehörigen hydraulischen oder pneumatischen Kraftabzweig, wobei die Rückstellkraft der sich entspannenden Schraubenfeder l das Druckmittel dem Rücklauf-Sammelrohr m und von dort aus der Preßpumpe d saugseitig wieder zuleitet, während bei Druckluftsteuerung die Abluft unmittelbar hinter dem Vorsteuerventil ins Freie entweicht.

Der Pumpen- oder Verdichtersatz d wird selbsttätig durch das Kontaktmanometer n gesteuert, und zwar behufs Absatzregelung im Sinne der sogenannten Nachlaufschaltung in Verbindung mit einem Minimal- und Maximaldruckrelais. Zur Schonung des Kontaktzeigers dieses Instrumentes wird das Motorschütz o über ein Zwischenrelais geschaltet. Selbstverständlich können im Gegensatz zur Rohrleitungsanordnung in Bild 1 bei zentraler Zusammenfassung der Vorsteuerventile die Hauptventile verschiedenen Rohrleitungssträngen angehören. Die Rohrverlegung für das Steuermittel bietet wegen der Einfachheit der Anordnung auch bei ausgedehnten Fernanlagen keine Schwierigkeiten. Das gleiche vorgeschlagene Fernsteuerprinzip läßt sich mit Vorteil auch für hydraulische und pneumatische Kraftantriebe beliebiger Ausführungsart verwenden, insbesondere in solchen Fällen, wo unter Zwischenschaltung von Schrittschaltwerken im Gegensatz zur vorbeschriebenen einfachen „Auf"/„Zu"-Steuerung eine stetige Regelung in Abhängigkeit von irgendwelchen physikalischen Betriebszuständen in Betracht kommt[1]).

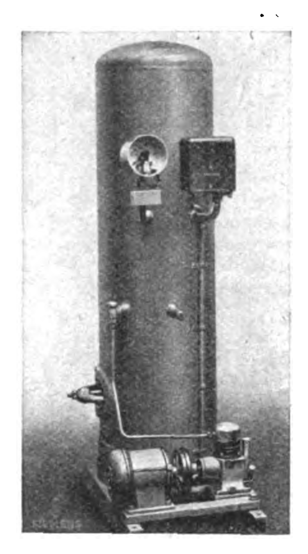


Bild 2. Drucklufterzeugungsanlage für Fernventile.

Die vorbeschriebene Fernsteuerung ist nicht etwa nur für Membranventile verwendbar, sondern auch für Hochdruckventile, sofern diese den Bedingungen des Druckluft- oder Druckölbetriebes entsprechend ausgeführt sind. Für feuchte oder durchtränkte Betriebsräume liegt der betriebliche Vorteil einer solchen Gesamtanordnung auch noch darin, daß zwischen den Hauptventilen oder Kraftantrieben und dem Stromnetz keine direkte Verbindung besteht. Bild 2 zeigt eine Drucklufterzeugungsanlage für ferngesteuerte Rohrleitungsventile.

Johann Kuhn, Wuppertal-Barmen

[1]) Joh. Kuhn, Elektro-Fern- und Selbststeuerungen in der chemischen Industrie. Chem. Fabr. (1940) S. 324.

Dielektrische Messungen an Pigment-Leinöl-Suspensionen. Bestimmung und Berechnung der Dielektrizitätskonstanten von Mischkörpern

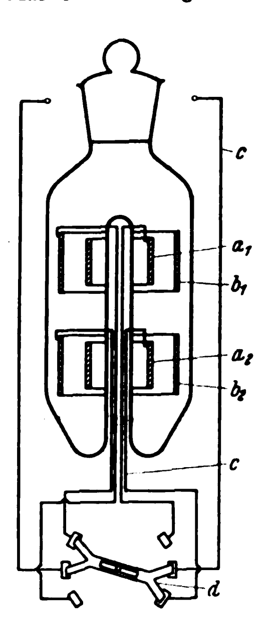
DK 621.317.33.011.5

Über die Gesetzmäßigkeiten, denen die Dielektrizitätskonstante bei der Mischung zweier Stoffe gehorcht, und wie die Dielektrizitätskonstante eines Mischkörpers aus den Dielektrizitätskonstantenwerten seiner Bestandteile zu errechnen ist, findet sich im Schrifttum sehr wenig[1]). Die Berechnung der dielektrischen Verschiebung läßt sich indessen auf diejenige der Leitfähigkeit von Mischkörpern zurückführen, wofür son Frey an Hand einfacher geometrischer Modellkörper einen anschaulichen und erfolgreichen Weg beschritten hat. Die Gesamtmasse einer gleichförmigen Mischung ist hiernach als aus völlig gleichartigen Elementarkörpern aufgebaut anzunehmen, so daß man nur die Dielektrizitätskonstante des Elementarkörpers zu errechnen braucht, die derjenigen des Gesamtkörpers gleich ist. Als Elementarkörper wird zweckmäßig ein Würfel mit den Seitenkanten 1 gewählt, in den ein kleinerer Würfel aus dem eingebetteten Stoff eingebaut wird. Hierbei ist vorausgesetzt, daß, wie es z. B. bei Pigment-(Farbstoff-) Leinöl-Suspensionen der Fall ist, das Pigment mit der größeren Dielektrizitätskonstante im Leinöl mit der kleineren Dielektrizitätskonstante als kontinuierliche Phase der Mischung eingestreut ist. Andere Mischungstypen sind solche, bei denen sich die beiden Stoffe als „gleichberechtigt" nebeneinander befinden (netzartig gleichberechtigter Typ) oder bei denen der Stoff größerer Dielektrizitätskonstante die kontinuierliche Phase bildet, in die das Pigment mit kleinerer Dielektrizitätskonstante eingestreut ist. Die Anwendung des ohmschen Gesetzes in einfacher geometrischer Betrachtung (d. h. ohne Berücksichtigung von Stromlinienverzerrungen) auf diesen Elementarkörper liefert sofort die Dielektrizitätskonstante der Mischung. Die angedeutete Zerlegung des Elementarkörpers in große und kleine Würfel kann nach zwei verschiedenen Betrachtungsweisen vorgenommen werden und führt zu einer oberen und unteren Grenze des zu berechnenden Dielektrizitätskonstantenwertes und damit zu zwei Schaulinien der Dielektri-

[1]) F. Wachholtz und A. Franceson Kolloid-Z. 92 (1940) S. 75; 31 S., 32 B.



zitätskonstante über dem Raumanteil des Pigmentes in der Mischung. Die wahre Schaulinie verläuft zwischen diesen beiden Grenzwertlinien, so daß, wie die Versuche an Leinöl-Suspensionen ergeben haben, in häufigen Fällen das arithmetische Mittel aus den Grenzwerten der Wirklichkeit sehr nahe kommt und z. B. für in Leinöl suspendierten Schwerspat mit dieser völlig übereinstimmt. Bei anderen eingestreuten Pigmenten, wie z. B. Mennige und Zinksulfid, treten jedoch Abweichungen hiervon auf. Diese Abweichungen erklären sich daraus, daß der Dielektrizitätskonstanten-Konzentrationsverlauf maßgebend durch die Zuordnung beeinflußt wird, die die beiden Bestandteile zueinander haben, wobei es nicht gleichgültig ist, ob beide Bestandteile „gleichberechtigt" sind oder der eine in den anderen eingebettet ist. Die Größe der eingebetteten Teilchen hat auf den Dielektrizitätskonstanten-Konzentrationsverlauf keinen wesentlichen Einfluß, wohl aber die Gestalt der eingebetteten Teilchen. Auch zeigt bei asymmetrischen eingebetteten Teilchen der Mischkörper im strömenden Zustand eine andere Dielektrizitätskonstante als in Ruhe. Im allgemeinen ist die Dielektrizitätskonstante einer Suspension um so niedriger (höher), je mehr (weniger) die Gestalt der dispergierten Teilchen der Kugelform ähnelt. Eine Leinöl-Suspension von nadelförmigem, monoklinem Bleichromat ergab dementsprechend besonders hohe Dielektrizitätskonstanten-Werte. Noch höhere Dielektrizitätskonstanten-Werte lassen Suspensionen blättchenförmiger Pigmente erwarten. — Die Untersuchungen an den Pigment-Leinöl-Suspensionen wurden nach dem Überlagerungsverfahren im Dielkometer mit 2×10^6 Hz bei 20° C durchgeführt. Dieses Gerät enthält zwei lose miteinander gekoppelte Hochfrequenzsender, die bei der Messung auf Resonanz abgestimmt werden. Der eine dieser Sendekreise wird durch einen Schwingquarz auf der unveränderlichen Welle von 300 m gehalten und dient als Vergleichssender. Der andere Sendekreis, der Meßkreis, enthält neben zwei Drehkondensatoren einen zu diesen parallel oder in Reihe zu schaltenden, als Meßzelle ausgebildeten Kondensator, der das zu untersuchende Dielektrikum aufnimmt. Die Kapazität des Meßkreises wird so eingestellt, daß dessen Frequenz mit der Frequenz des Vergleichssenders in Resonanz kommt, was durch das Verschwinden des Schwebungstones im Telephon einer zwischengeschalteten Audionstufe festzustellen ist. Die Gesamtkapazität im Meßkreis ergibt sich aus der bekannten Beziehung zwischen Wellenlänge und Frequenz. Nach Füllung der Meßzelle mit Stoffen bekannter Dielektrizitätskonstante läßt sich die Skala der Drehkondensatoren in Dielektrizitätskonstanten-Werten der Meßzelle eichen, so daß auf diesem Wege in der Resonanzeinstellung die unbekannte Dielektrizitätskonstante einer zu untersuchenden Füllung bestimmbar wird. — Zur Bestimmung der Dielektrizitätskonstante pulverförmiger Stoffe diente die im Bild 1 schematisch dargestellte neuartige Doppelzelle. Diese besteht aus zwei in einem zylindrischen Gefäß übereinander angeordneten Zylinderkondensatoren, deren Kapazitäten infolge unvermeidlicher Unterschiede in den Abmessungen geringfügig voneinander abweichen. Es wird daher der Unterschied zwischen den Dielektrizitätskonstanten-Werten der beiden Kondensatoren gegen die Skalenteile an den Drehkonsensatoren bei Benutzung des oberen Zylinderkondensators in ein Schaulinienbild eingetragen, wobei sich eine Gerade als „Null-Linie" ergibt, die diejenigen Unterschiede angibt, die auftreten müssen, wenn beide Kondensatoren der Meßzelle mit Stoffen gleicher Dielektrizitätskonstante gefüllt sind. Das zu untersuchende Pulver wird in der Zelle in einer Flüssigkeit niedriger Dielektrizitätskonstante suspendiert und bis zu einer zwischen den beiden Kondensatoren angebrachten Marke absitzen gelassen, so daß sich im oberen Kondensator Suspensionsmittel und im unteren dagegen der im Suspensionsmittel enthaltene Bodensatz befindet. Der sich bei der Messung ergebende, von der Null-Linie abweichende Skalenteil-Unterschied rührt dann von dem Pulver her. Durch Hinzufügen einer anderen Flüssigkeit mit höherer Dielektrizitätskonstante wird sodann die Dielektrizitätskonstante des Gemisches verändert. Es wird



a_1 innere Kondensatorhälfte (oberes System)
b_1 äußere Kondensatorhälfte (oberes System)
a_2 innere Kondensatorhälfte (unteres System)
b_2 äußere Kondensatorhälfte (unteres System)
c elektrische Zuleitungen
d Umschalter

Bild 1. Doppelzelle zur Bestimmung der Dielektrizitätskonstante.

wieder absitzen gelassen und der sich nunmehr ergebende Skalenteil-Unterschied in das Schaulinienbild eingetragen. Die Meßpunkte liegen auf einer Geraden, deren Schnittpunkt mit der Null-Linie denjenigen Skalenwert des oberen Meßzellenkondensators ergibt, bei dem die Flüssigkeit dieselbe Dielektrizitätskonstante hat wie das Pulver. — Für die Auswertung der gefundenen Dielektrizitätskonstanten-Werte wäre es sehr erwünscht, eine allgemein gültige Formel mit solchen Gliedern oder Konstanten zu haben, deren Größe für die unbekannten Eigenschaften einer Mischung kennzeichnend ist. Die Untersuchung ergibt, daß es jedoch für die Dielektrizitätskonstante als vektorielle Größe ebensowenig wie für die Wärmeleitung, die Diffusion, den Schall und das Licht keine allgemein gültige Mischungsformel geben kann, vielmehr bestimmen Mischungstyp und Teilchengestalt immer die für die Mischung gültige Formel. Zur Wiedergabe der Dielektrizitätskonstanten-Werte von Pigment-Leinöl-Suspensionen erwies sich eine von Wiener aufgestellte Formel außerordentlich geeignet. — Die Ergebnisse der Untersuchungen und ihre physikalische Deutung haben allgemeinere Bedeutung; denn was für die verhältnismäßig groben Ölsuspensionen der Pigmente gilt, wird auch im Zwischengebiet der Kolloide Geltung haben, da die Teilchengröße in die Gleichungen nicht eingeht. Es wird wahrscheinlich auch noch im Gebiet der Moleküle gelten, wobei allerdings mit der gegenseitigen Beeinflussung der Molekülefelder zu rechnen ist. Die Dielektrizitätskonstanten-Messungen eröffnen schließlich die Aussicht, wichtige Aussagen über die Form solcher Teilchen zu machen, die sich einer unmittelbaren Betrachtung entziehen. *O. N.*

Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen

VDE-Ausschuß für Drähte und Kabel

DK 621.315.33(083.133.3)

VDE 0250

Entwurf

Einspruchsfrist: 12. März 1941

Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr

Änderung der ab 1. Juli 1931 gültigen Fassung von VDE 0250

§ 7

Sondergummiaderleitungen für Nennspannungen von $U = 2$ bis 15 kV

a) Bezeichnung: NSGA, der die Nennspannung beizufügen ist.

b) Bau: Sondergummiaderleitungen sind nur als Einfachleitungen zulässig, und zwar

mit eindrähtigen Kupferleitern von 1,5 bis 16 mm²,
mit mehrdrähtigen Kupferleitern von 1,5 bis 185 mm².

Die Mindestquerschnitte für die einzelnen Spannungen sind aus Tafel II ersichtlich. Bei mehrdrähtigen Leitern ist die Mindestdrahtzahl aus der Tafel I für NGA-Leitungen (§ 6) zu entnehmen.

Sondergummiaderleitungen müssen ozonbeständig sein.

Der Leiter ist mit einer Gummihülle zu umgeben, deren Mindestwanddicke den Werten der Tafel II entsprechen muß. Den Vorschriften des § 3 braucht die Gummihülle nicht zu genügen.



Tafel II

1	2	3	4	5	6
Nennquerschnitt mm²	Wanddicke in mm bei				
	U_e*) = 1,2 kV U *) = 2 kV	1,75 kV 3 kV	3,5 kV 6 kV	6 kV 10 kV	10 kV 15 kV
1,5	1,5	2,0	3,0	—	—
2,5	1,5	2,0	3,0	—	—
4	1,5	2,0	3,0	4,5	—
6	1,5	2,0	3,0	4,5	—
10	—	2,0	3,0	4,5	7,0
16	—	2,0	3,0	4,5	7 0
25	—	2,4	3,3	4,5	7,0
35	—	2,4	3,3	4,5	7,0
50	—	2,4	3,3	4,5	7,0
70	—	2,4	3,3	4,5	7,0
95	—	2,8	3,6	4,5	7,0
120	—	2,8	3,6	4,5	7,0
150	—	2,8	3,6	4,5	7,0
185	—	2,8	3,6	4,5	7,0

*) U Spannung des Wechselstromsystems zwischen 2 Leitern
U_e Spannung des Wechselstromsystems zwischen Leiter und Erde.

Die Gummihülle kann mit einem gummierten, gewebten Band bewickelt sein. Darüber befindet sich eine getränkte Beflechtung aus Baumwolle, Hanf oder gleichwertigem Stoff.

c) Prüfung:

1. Spannungsprüfung: Nach einstündigem Liegen unter Wasser von nicht mehr als 25° müssen die Leitungen während ½ h eine Wechselspannung von 50 Per/s gemäß Tafel III zwischen Leiter und umgebendem Wasser aushalten.

Tafel III

Nennspannung kV		Prüfspannung
U_e	U	kV
1,2	2	4
1,75	3	6
3,5	6	10
6	10	15
10	15	23

2. Ozonprüfung: Ein Probestück wird um einen Dorn
vom 5-fachen Leitungsdurchmesser bei Querschnitten bis 4 mm²,
vom 8-fachen Leitungsdurchmesser bei Querschnitten bis 25 mm²,
vom 10-fachen Leitungsdurchmesser bei Querschnitten über 25 mm²
in mindestens drei eng aneinanderliegenden Windungen gewickelt und nach Abziehen vom Dorn in einem Wärmeschrank 10 × 24 h ununterbrochen auf einer Temperatur von 70 ± 2° gehalten. Nach Wiederabkühlung werden die Prüflinge in ein Gefäß mit Bleikugeln von 3 bis 5 mm Durchmesser so eingebettet, daß nur die Enden der Wendel um etwa 20 cm aus den Kugeln herausragen. Je nach ihrer Nennspannung müssen die Leitungen zwischen Leiter und Bleikugeln eine Wechselspannung von 50 Per/s gemäß Tafel III während 2 h aushalten.

Die Prüfung ist an mindestens zwei Stücken vorzunehmen und gilt als bestanden, wenn kein Durchschlag eintritt.

Umstell-Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen

VDE-Ausschuß für Drähte und Kabel

DK 621.315.33(083.133.3)

VDE 0250 U

Entwurf

Einspruchsfrist: 12. März 1941

Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr

Änderung der ab 15. Oktober 1936 gültigen Fassung von VDE 0250 U

§ 7

Sondergummiaderleitungen für Nennspannungen von $U = 2$ bis 15 kV

Bezeichnung: NSGA (UV), der die Nennspannung beizufügen ist.

Sondergummiaderleitungen sind nur als Einfachleitungen zulässig, und zwar

mit eindrähtigen Kupferleitern von 1,5 bis 16 mm²,
„ mehrdrähtigen „ „ 1,5 „ 185 „
„ eindrähtigen Aluminiumleitern „ 2,5 „ 16 „
„ mehrdrähtigen „ „ 16 „ 185 „

Weiterer Wortlaut wie § 7 von VDE 0250.

Vorschriften nebst Ausführungsregeln für die Errichtung von Starkstromanlagen mit Betriebsspannungen von 1000 V und darüber

VDE-Ausschuß für Errichtungsvorschriften II

DK 621.311.027.3(083.133.3)

VDE 0101 d/XII.40

6. Änderung der ab 1. Januar 1930 gültigen Fassung

Gültig ab 1. März 1941[1])

§ 2

Begriffserklärungen

e) Erden heißt, eine leitende Verbindung zwischen einem Anlageteil und einem Erder herstellen.

Erder sind Leiter, die ins Erdreich eingebettet sind und mit ihm in inniger Berührung stehen. Die Teile der Zuleitungen zu einem Erder, die unisoliert im Erdboden eingebettet sind, gelten als Teile des Erders und nicht als Erdleitungen [siehe f)].

f) Erdleitung ist eine Verbindungsleitung zu einem Erder, soweit sie über dem Erdboden oder isoliert im Erdboden verlegt ist.

Erdsammelleitung ist eine Zuleitung zum Erder, an den mehrere Erdleitungen angeschlossen sind.

§ 3

Schutz durch Abdeckung u. dgl.

Vorschrift a): Als Ausnahmen werden angegeben §§ 8 b), 8¹, 20 a) und 21 a).

[1]) Genehmigt durch den Vorsitzenden des VDE im Dezember 1940.

§ 4

Schutz durch Erdung u. dgl.

Regel 1: In der Bezugnahme auf VDE 0141 wird der Titel wie folgt geändert: „Vorschriften für Erdungen in Wechselstromanlagen über 1 kV".

§ 6

Elektrische Maschinen

Regel 5: Die Bezugnahme auf die Meßgenauigkeit der Klasse G von VDE 0140/1923 wird geändert in Klasse 1,5 von VDE 0410/X. 38, da 0410/X. 38 seit dem 1. 10. 40 allein gültig ist.

§ 7

Transformatoren

Regel 4: Hier gilt das Gleiche wie für § 6⁵.
Regel 6: Das Wort „Selbstlüftung" wird durch „Selbstkühlung" ersetzt.

§ 10

Schaltgerüste und Schaltkasten

Regel 3: In der Tafel wird die Bezugnahme auf VDE 0670/1937 durch VDE 0670/XII. 40 ersetzt.
Regel 8 und Vorschrift f): An Stelle des Normblattes DIN VDE 705 ist DIN 40705 getreten.



§ 17

Überstromschutz

Regel 1: Das Wort „allein" in der letzten Zeile des 1. Absatzes wird durch „selektiv" ersetzt.

Regel 3: In der dritten und vierten Zeile wird das Wort „Gefährdungsauswirkung" durch „Auswirkung der Überströme" ersetzt.

§ 18

Blanke, umhüllte und isolierte Leitungen (einschließlich Kabel)

Regel 1: Diese Regel wird in folgendem Wortlaut wiedergegeben:

„Die vorstehenden Anforderungen gelten als erfüllt, wenn die isolierten Leitungen, die umhüllten Leitungen und die Bleikabel den einschlägigen VDE-Bestimmungen*) sowie der nachstehenden Regel 2 entsprechen."

Die zugehörige Fußnote lautet wie folgt:

*) Zur Zeit gelten
VDE 0250 „Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen"
VDE 0252 „Vorschriften für umhüllte Leitungen"
VDE 0255 „Vorschriften für Papierbleikabel in Starkstromanlagen"
VDE 0260 „Vorschriften für Papierbleikabel mit Aluminiumleitern in Starkstromanlagen"
VDE 0265 „Vorschriften für Gummibleikabel in Starkstromanlagen"
VDE 0270 „Vorschriften für Starkstrom-Innenraumkabel ohne Bleimantel bis 1 kV" (bisher nur als Umstellvorschrift erschienen).

d) 2. Abs.: Entsprechend § 27 d) von VDE 0100/X. 38 beginnt der zweite Absatz wie folgt:

„Unter den Gleisen der Reichsbahn, unter Kraftfahrbahnen der Reichsautobahnen und unter Reichswasserstraßen sind Starkstromkabel . . . . . . werden können."

§ 19

Freileitungen

Entsprechend der Neufassung von VDE 0210 g/XII. 40, § 31 b) erhält Vorschrift u) folgende Fassung:

u) Stehen Holzmaste einer Freileitung an verkehrsreichen Fahrwegen, so müssen bei Verwendung von Stützenisolatoren solche mit einer höheren Durchschlagspannung oder solche der nächst größeren Bauart der gleichen Ausführung als auf den anschließenden Strecken gewählt werden.

3. Maßnahmen, die den Widerstand der Holzmaste herabsetzen, sollen vermieden werden. Stützen, Querträger oder sonstige Metallteile, die die Isolatoren tragen, sollen also nicht geerdet werden.

§ 23

Feuchte, durchtränkte und ähnliche Räume

Vorschrift a): Nach dem Wortlaut von VDE 0270 sind in feuchten Räumen die dort behandelten Kabel zulässig. Die Nennspannung der Kabel nach VDE 0265 und 0270 beträgt 1 kV, daher muß VDE 0265 und 0270 auch in VDE 0101 erwähnt werden.

§ 25

Feuergefährdete Betriebsstätten und Lagerräume

Vorschrift b): Hierfür gilt das gleiche wie für § 23 a).

§ 27

Schaufenster, Warenhäuser und ähnliche Räume, wenn in ihnen leicht entzündliche Stoffe aufgestapelt sind

(Siehe § 30).

§ 30

Theater, Lichtspielhäuser, Kleinkunstbühnen, Zirkusgebäude und diesen gleichzustellende Versammlungsräume

§§ 27 und 30

werden mit Rücksicht auf die am 1. Januar 1941 in Kraft gesetzten VDE 0108/XII. 40 „Vorschriften für Errichtung und Betrieb von Starkstromanlagen in Theatern, Versammlungsräumen, Zirkusanlagen, Lichtspieltheatern, Waren- und Geschäftshäusern sowie in fliegenden Bauten unter freiem Himmel" gestrichen [vgl. ETZ 61 (1940) H. 51, S. 1183].

Normen für Hochspannungs-Isolatoren

DK 621.315.623.5 — Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr — Februar 1941

Freiluft-Stützisolatoren

für gekittete Armaturen

Einspruchsfrist: 10. März 1941

Elektrotechnik

DIN Entwurf 1 48109

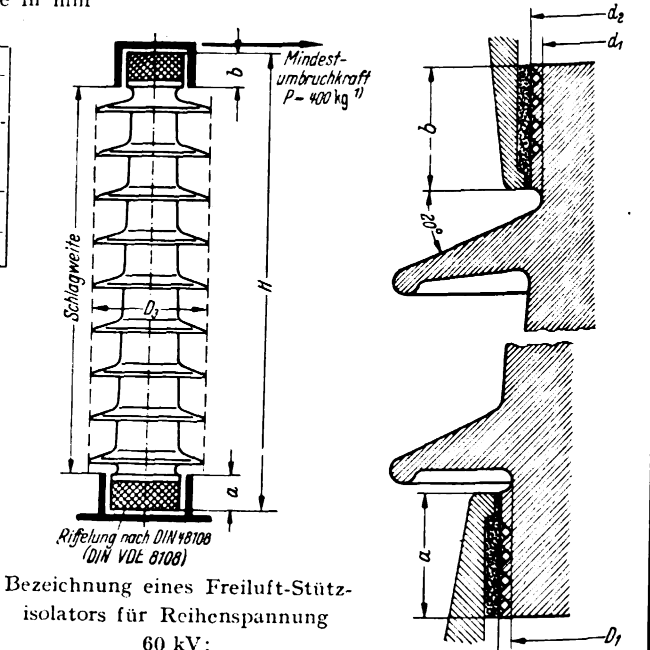
Maße in mm

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Reihenspannung kV	Schlagweite nach VDE 0670/XII. 40	Durchmesser				Einkitthöhe		H		D_3	Schirmzahl
		D_1	D_2	d_1	d_2	a	b		zulässige Abw. %		
		zulässige Abweichung ± 2,5%				zulässige Abweich. ± 5%					
60	580	130	135	90	95	70	55	720	± 2	210	7
110	1000	150	155	100	105	75	55	1150	± 1,5	220	9

Werkstoff: Keramischer Werkstoff IA 1 DIN 40685, braun glasiert.

Die Stützisolatoren müssen VDE 0670/XII. 40 „Regeln für Wechselstrom-Hochspannungsgeräte" entsprechen.

Die Stützisolatoren müssen auf dem keramischen Teil mit dem Ursprungszeichen und der Jahreszahl der Herstellung versehen sein.



Bezeichnung eines Freiluft-Stützisolators für Reihenspannung 60 kV:

Freiluft-Stützisolator 60 DIN 48109

1) rechtwinklig Oberkante Kappe angreifend.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

RUNDSCHAU

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung

DK 621.316.3.014.3

Einfluß des Kurzschlußproblems auf die Netzgestaltung; Kurzschlußdämpfung und Kurzschlußlöschung. [Nach dem Vortrag von W. v. Mangoldt am 7. 10. 1940 vor dem VDE Bezirk Ostpreußen in Königsberg.]

Die Kurzschlußdämpfung, d. h. die Begrenzung der Kurzschlußbeanspruchungen auf technisch und wirtschaftlich tragbare Werte, und die Kurzschlußlöschung, d. i. die Beseitigung von Lichtbogen-Kurzschlüssen ohne praktisch merkbare Betriebsunterbrechung bilden die beiden Hauptaufgaben zur Beherrschung des Kurzschlußproblems in heutiger Zeit. Für die Kurzschlußdämpfung, die sich in erster Linie auf eng vermaschte Versorgungsnetze hoher Lastdichte erstreckt, die meist als Kabelnetz ausgeführt sind, wurden die grundsätzlichen Zusammenhänge zwischen Höhe der Kurzschlußbeanspruchungen und Netzform dargelegt und daraus das Ziel abgeleitet, eine Netzform zu finden, bei der die Kurzschlußbeanspruchungen bei beliebigem Anstieg der Lastdichte einen Sättigungswert erreichen. Die Lösung besteht in einer Gruppenunterteilung der Kraftwerke, Umspannwerke und Schaltanlagen sowie in ihrer elastischen Kupplung untereinander. Die ideale Netzform mit einer endgültigen Begrenzung der Kurzschlußbeanspruchungen bei beliebiger Erweiterungsmöglichkeit kann durch Ringschaltungen erreicht werden, die nach Art eines Kettenleiters ausgebildet sind. Praktische Beispiele, darunter auch solche unter weitestgehender Vermeidung von Kurzschlußdrosselspulen wurden in größerer Zahl dafür gegeben.

Für die Kurzschlußlöschung, die sich auf Freileitungsnetze mit meist weitläufigerer Vermaschung erstreckt, wurden nach grundsätzlicher Besprechung von Zweck und Wesen der Kurzschlußlöschung die Gesichtspunkte für den zweckmäßigen Einbau von Kurzschlußlöschern behandelt. Es wurde gezeigt, daß es möglich ist, die Kurzschlußlöschung mit nur wenigen Kurzschlußlöschern an den Haupteinspeisestellen auch für umfangreiche, weitläufig vermaschte Freileitungsnetze durchzuführen. Einige Richtlinien für die dabei vorzusehende Netzgestaltung wurden angegeben. Der praktische Einsatz der Kurzschlußlöschung in vermaschten Netzen wurde an Beispielen belegt und das Ergebnis umfangreicher Versuche mitgeteilt. *Sb.*

DK 621.317.31.014.33

Blitzstrommessungen an Hochspannungsnetzen. [Nach I. W. Gross u. W. A. McMorris, Electr. Engng. 59 (1940) Transactions S. 417; 6 S., 10 B.]

Die Bestimmung von Blitzstromstärken geschieht bekanntlich allgemein durch Messung des Remanenzwerts von durch den Blitzstrom magnetisierten Stahlstäbchen[1]). Gross und Mc Morris haben nun in den V. S. Amerika mit diesem Stäbchenverfahren die von Hochspannungsleitungen durch Überspannungsableiter zur Erde abfließenden Blitzströme an vier verschiedenen Hochspannungsstationen über die Dauer von vier Jahren gemessen und eine Statistik über ihre 459 Einzelmessungen angestellt.

Als Ergebnis wird festgestellt, daß Zahl und Maximalstromstärke der Blitzströme sowohl von den örtlichen Verhältnissen als auch von der Jahreszeit stark abhängen, so daß sich allgemeingültige Schlüsse auf Grund der bisher vorliegenden Statistik nicht ziehen lassen. Im Durchschnitt wurden je Dreipolableiter und Jahr 0,79 einpolige meßbare Entladungen festgestellt, wobei Mehrfachentladungen nur einmal gemessen und Entladungen mit Stromstärken unter etwa 200 A überhaupt nicht mehr erfaßt wurden. Die höchste gemessene Stromstärke betrug 15 000 A; 3,5% aller Entladungen hatten Stromstärken über 5000 A. Die überwiegende Häufigkeit hoher oder niedriger Maximalstromstärken war wieder örtlich verschieden; am gleichen Ort aber zeigten Leitungen auf ungeerdeten Holzmasten wesentlich höhere Entladungsstromstärken als die anderen Masten, und auch gleichzeitige Entladungen in mehreren der drei Ableiter für die drei Phasen waren bei Holzmasten häufiger als bei Stahlmasten. 87,6% der Entladungen zeigten negative, 12,4% positive Polung. Erreicht ein Blitzstrom auf einer durch Überspannungsableiter gesicherten Leitung eine Station, so reichen die die übrigen Stationsteile erreichenden Blitzströme im allgemeinen nicht mehr aus, um weitere Überspannungsableiter zum Ansprechen zu bringen. Untersuchungen über die Häufigkeit gleichzeitiger Entladungen mehrerer parallel liegender Ableiter ergaben, daß Parallelentladungen nicht sehr häufig sind, dann aber merkwürdigerweise größere Einzelstromstärken zeigen als Entladungen durch nur einen Ableiter. Eine Berechnung der den Blitzströmen entsprechenden Wanderwellenspannungen ergab, daß ein recht großer Anteil der gemessenen Blitzströme ohne den Schutz durch Überspannungsableiter Schaden angerichtet hätte, nämlich zwischen 93 und 35% der festgestellten Blitzströme je nach der Spannung der betreffenden Leitung. Die Wichtigkeit des Schutzes durch Überspannungsableiter scheint damit erwiesen. *Fkg.*

[1]) Über die Leistungsfähigkeit und die Grenzen des Verfahrens vgl. W. Finkelnburg u. E. Blum, Z. techn. Phys. 18 (1937) S. 61 und ETZ 58 (1937) S. 604.

Geräte und Stromrichter

DK 621.316.5.027.2

Neue Schaltgeräte für Niederspannungsanlagen. [Nach A. Müller, Elektrotechn. u. Masch.-Bau 58 (1940) S. 186; 3 S., 9 B.]

In den letzten Jahren setzte eine rege Entwicklungstätigkeit bei Schaltgeräten für kleine und mittlere Nennströme ein. Diese wurde durch die gesteigerten technischen Anforderungen an die Güte dieser Geräte, wie hohe Lebensdauer und Schaltzahlen, Anpassen bzw. Einfügen in die Arbeitsmaschine, ein-



Bild 1. Klein-Ölschütz; Einsetzen des Bimetallrelais.

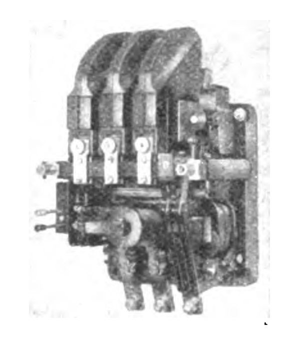


Bild 2. Fernbetätigter Selbstschalter für 350 A.

fachen und übersichtlichen Aufbau, leichte Austauschbarkeit aller dem Verschleiß unterworfenen Teile, leichte Bedienbarkeit, Fragen des Motorschutzes, Zusammenbau zu gekapselten Verteilungsanlagen, Verwendung neuer und verbesserter Werkstoffe u. a. bedingt. Ausgehend von der Fernsteuerung mittels kleiner Befehlstaster bzw. -schalter in der Griffnähe des Arbeitsplatzes, die sich nicht nur in der Industrie, sondern auch in steigendem Maße in kleinen und mittleren Gewerbebetrieben durchsetzt, und von der Förderung dieser Technik durch Anwenden des Einzelantriebes wird ein neues Kleinölschütz beschrieben.

Dieses Kleinölschütz (Bild 1) ermöglicht durch seine technischen Neuerungen den Einsatz in einer Vielzahl von Betrieben und ist zum Schalten und Schutz von Motoren mit Käfigläufern bis 10 A Nennstrom in Isolierstoffgehäuse und bis 15 A Nennstrom in Gußgehäuse und 500 V Nennspannung geeignet. Durch praktisch prellfreies Arbeiten der Kontakte wurde eine hohe Lebensdauer erzielt, die ein Vielfaches der Abbrandfestigkeit gegenüber bisherigen Konstruktionen beträgt. Die Bimetallrelais sind so durchgebildet, daß sie neben der Erfüllung der VDE-Vorschriften so träge arbeiten, daß auch Antriebe mit verhältnismäßig langen Anlaufzeiten ohne be-

sondere Maßnahmen in Betrieb gesetzt werden können. Die Auswechslung der Bimetallauslöser ist einfach und nur mit wenigen Handgriffen verbunden. Dadurch ist auch eine einfache Lagerhaltung der Schütze und Relais möglich.

Für größere Leistungen bis 350 A Nennstrom wurde für direktes Schalten von Motoren bzw. als fernbetätigter Gruppenschalter für offene und gekapselte Niederspannungs-Verteilungsanlagen ein neuer Fernschalter durchgebildet. Auch bei diesem Schalter sind markante Neuerungen zu erkennen (Bild 2). An die Stelle der großen offenen Lichtbogenkammern treten Düsenkammern; die Bürstenschaltstücke sind durch Klotzkontakte ersetzt und der bisher außerhalb des Schalters liegende Fernantrieb ist in diesem eingebaut. Der Grundrahmen besteht aus keramischem Werkstoff. Diese Neuerungen führten zu einer leistungsfähigen Konstruktion. Besonders interessant ist die selbsttätige Sperrung des Überlastungsschutzes, die nach Ansprechen der Bimetallauslöser infolge Überlastung eines Motors ein wiederholtes Einschalten des Schalters so lange verhindert, bis die Wärmeauslöser soweit abgekühlt sind, daß ein sicheres Einschalten des Antriebes gewährleistet ist. Ein wiederholtes Draufschalten auf einen bestehenden Kurzschluß nach dem Ansprechen der magnetischen Schnellauslöser wird ebenfalls verhindert. Der Einschaltmagnet wird infolge des hohen Leistungsbedarfes nicht unmittelbar, sondern über einen Hilfskontakt am Spannungsauslöser eingeschaltet. Es können daher zur Fernbetätigung normale Befehlstaster verwendet und wegen der geringen Leistungsaufnahme des Spannungsauslösers kleine Steuerleitungsquerschnitte verlegt werden.

Außerdem sind zwei Geräte beschrieben, die für Antriebe mit längeren Anlaufzeiten, die durch normale Wärmeauslöser nicht beherrscht werden können, geschaffen wurden. Zuerst wird ein Motorschutzschalter für Handbetätigung betrachtet, bei dem der Schalthebel in einer sogenannten Anlaufstellung bis zum Hochlaufen des Antriebes von Hand aus festgehalten werden muß, da der Schalter in dieser Stellung nicht verbleiben darf. Dabei werden die Wärmeauslöser und zu einem Teil auch die Wicklungen der Schnellauslöser für die Dauer des Anlaufvorganges durch einen Überbrückungsschalter kurzgeschlossen, so daß diese Auslöseorgane während des Anlaufvorganges unwirksam werden. Derselbe Zweck wird für ferngesteuerte Motoren durch ein selbsttätig arbeitendes Sättigungswandler-Bimetallrelais erreicht, bei dem die Beheizung der Wärmeauslöser über einen gesättigten Wandler geschieht. Durch die nicht lineare Übersetzung wird nur ein Teil des Anlaufstromes für die Beheizung der Auslöser wirksam, während kleine Überströme in den Bereich der linearen Übersetzung fallen.

Abschließend wird noch das sogenannte Universalsystem beschrieben, das durch eine gesetzmäßige Abstufung der Gehäusegrößen sowohl für Sammelschienen, Sicherungen und Schaltgeräte kennzeichnend ist und dadurch einen lückenlosen, raumsparenden und gefälligen Aufbau von gekapselten Verteilungsanlagen ermöglicht. Dieses System wurde in letzter Zeit für Nennströme bis zu 1000 A weiterentwickelt. Besonders interessant ist aber auch die Schaffung einer kleinen Gehäusereihe für Kleingeräte und Sammelschienen bis 100 A Nennstrom, die die Vorzüge des großen Universalsystems besitzt und beim Entwerfen von Kleinverteilungen im Zusammenhang mit den eingangs erwähnten Ölschützen besondere Vorteile bietet. *eb.*

Elektrische Maschinen

DK 621.314.212.025.3

Die Vorausberechnung von Drehstrom-Kerntransformatoren. [Nach K. Metzler, Arch. Elektrotechn. 35 (1941) H. 2, S. 99; 18 S., 10 B.]

Bei dem Entwurf von Transformatoren müssen die für den Betrieb wichtigen Forderungen wie Wirkungsgrad, Verlustverteilung, Kurzschlußspannung eingehalten werden. Für Einheitstransformatoren sind diese Werte den DIN-Blättern VDE 2600 und VDE 2601 zu entnehmen. Für kleinere oder größere Leistungen als dort angegeben werden gewöhnlich vom Besteller hinsichtlich obiger Größen Vorschriften gemacht. Neben der Einhaltung der vorgeschriebenen Größen ist darauf Bedacht zu nehmen, die Kosten des Transformators auf ein Minimum zu beschränken.

Eine noch häufig benutzte Grundlage für das Kostenminimum des aktiven Materials ist die Gleichheit der Eisen- und Wicklungskosten. Diese Gleichheit ist nicht allgemein gültig, sondern nur ein Sonderfall, der bei bestimmten Werten des Verhältnisses $\frac{\text{Wicklungspreis je kg}}{\text{Eisenpreis je kg}}$ eintreten kann.

Es werden Gleichungen für den billigsten Entwurf abgeleitet

1. bei vorgeschriebenem Wirkungsgrad und vorgeschriebener Verlustverteilung, jedoch ohne Rücksicht auf die Kurzschlußspannung,
2. unter Einhaltung von Wirkungsgrad und Verlustverteilung für Röhrenwicklung bei vorgeschriebener Kurzschlußspannung.

Wird bei gleicher Liniendichte in Joch und Kernen die Dichte zu klein, so kann der Preis gesenkt werden durch Kerneinschnürung und Jochverstärkung. Die Gleichungen für die Abänderung der Abmessungen bei Einhaltung der Kurzschlußspannung werden angegeben. An einem Beispiel wird die Rechnung angewendet.

Fernmeldetechnik

DK 621.396.67

Grundlagen der Strom- und Spannungsverteilung auf Antennen. [Nach O. Zinke, Arch. Elektrotechn. 35 (1941) H. 2, S. 67; 18 S., 6 B.]

Zunächst werden in bekannter Weise die Feldgrößen $\mathfrak{E}$ und $\mathfrak{H}$ auf das Vektorpotential $\mathfrak{A}$ und ein skalares Potential φ zurückgeführt. Das Vektorpotential selbst hängt eindeutig mit den Stromdichten der vom Leitungsstrom durchflossenen Antenne zusammen.

Danach wird für Antennen mit geradliniger Achse die Längs- und Querfeldstärke an der Antennenoberfläche aus $\mathfrak{A}$ berechnet. Damit ist es möglich, in exakter Form die Telegraphengleichung der Antenne aufzustellen, die mit der üblichen Doppelleitungstheorie verglichen wird. Dabei wird der Begriff des Wellenwiderstandes $\mathfrak{Z}$ der strahlenden Antenne geprägt. $\mathfrak{Z}$ ergibt sich im wesentlichen aus dem Verhältnis des Vektorpotentials $\mathfrak{A}_{z0}$ zum Antennenstrom $\mathfrak{J}_{z0}$ an der betreffenden Stelle. Aus $\mathfrak{Z}$ kann die dynamische Antenneninduktivität und -Kapazität je Längeneinheit bestimmt werden. Bemerkenswert ist dabei, daß die Definition und Berechnung der Induktivität ohne Kenntnis einer geschlossenen Stromschleife möglich ist.

Für das in der Ableitung eingeführte skalare Potential φ stellt sich heraus, daß φ an der Oberfläche der Antenne mit der Querspannung der Antenne identisch ist. Diese Querspannung läßt sich aus zwei gedämpften Wellenzügen, einem vorwärtseilenden und einem reflektierten zusammensetzen. Auch der Strom besteht aus zwei entsprechenden Teilwellen. Das Verhältnis von Teilspannung zu Teilstrom gibt für jeden Wellenzug der entsprechende zugehörige Wellenwiderstand. Der wesentliche Unterschied zur Theorie der Doppelleitung besteht darin, daß für den vorwärtslaufenden Wellenzug ein Wellenwiderstand $\mathfrak{Z}_+$ und verschieden von diesem für die rückläufige Welle ein Wellenwiderstand $\mathfrak{Z}_-$ existiert. Beide, $\mathfrak{Z}_+$ und $\mathfrak{Z}_-$, sind im Gegensatz zur üblichen Theorie der Doppelleitung nicht konstant, sondern von z abhängig. Außerdem verändern sie je nach dem Verhältnis der Antennenlänge zur Wellenlänge ihren Wert.

Stromverteilung und Wellenwiderstand sind festgelegt, da das aus dem Strom berechnete Vektorpotential an der Antennenoberfläche eine gedämpfte fortschreitende bzw. rückkehrende Welle ergeben muß, wie die Lösung der Differentialgleichung für $\mathfrak{A}$ zeigt. Die für das Vektorpotential ermittelten Beziehungen gestatten, die grundsätzliche Lösung der Strom- und Spannungsverteilung auf Antennen sowie den Strahlungswiderstand und den Blindwiderstand am Speisungspunkt anzugeben.

DK 537.228.1 : 621.318.7

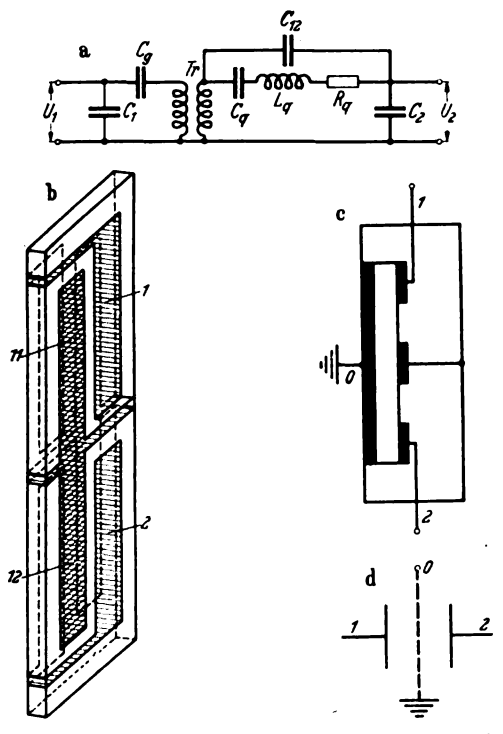
Tonfrequente Steuer- und Filterquarze. [Nach L. Rohde, Z. techn. Phys. 21 (1940) S. 30; 5 S., 12 B.]

Die Hauptursachen der Frequenzänderung von Schwingquarzen sind neben Druckänderungen durch die Halterung und Temperatureinflüssen Änderungen der Elektrodenlage und der Parallelkapazität[1]). Diese Einflüsse treten besonders stark bei Längsschwingungen in Erscheinung, so daß die elektrischen Größen von Quarzstäben nur durch Anwendung weitestgehend ortsfester Elektroden und elastischer Halter auf brauchbare Werte gebracht werden können. Bei den in der Arbeit beschriebenen Biegeschwingern, deren Frequenz durch die Länge des Quarzstabes in der Y-Richtung bestimmt ist und deren mechanische Schwingungsrichtung in die Z-Richtung fällt, sind die Elektroden als Silberbelag in den Quarz eingebrannt. Im Ersatzbild des Quarzes fallen damit die beiden durch die Luftzwischenräume zwischen den Elektroden und den Quarzflächen gebildeten Kapazitäten, die mit den Ersatzgrößen des Quarzes

[1]) Siehe auch Z. techn. Phys. 20 (1939) S. 75.



in Reihe liegen, weg und es bleibt nur noch die Parallelkapazität als Kapazität zwischen den Elektroden außerhalb des Quarzes übrig. An die eingebrannten Elektroden sind nahe an den Schwingungsknoten Federn angelötet, die den Quarz tragen und gleichzeitig als Spannungszuführung dienen; um zu verhindern, daß bei starker Erschütterung des ganzen Halters, an dem die Hängefedern befestigt sind, diese eine dauernde Verformung erleiden, sind im Halter Schutzfäden ausgespannt, die den Quarz bei zu starken Stößen auffangen. Es wird damit erreicht, daß nur wenig mechanische Energie verlorengeht, die Zusatzdämpfung also klein bleibt. Durch besondere Anordnung der Elektroden ließ sich schließlich auch erreichen, daß die Durchgriffskapazität C_{12} des in Bild 3a als Filter dargestellten Quarzes nahezu vermieden ist. Die benutzte Elektrodenanordnung zeigt Bild 3b, ihr Schaltsymbol ist durch Bild 3c wiedergegeben. Die Wirkungsweise dieser Anordnung, die einen dreipoligen Filterquarz mit vernachlässigbarer Durchgriffskapazität entstehen läßt, ist folgende: Eine Eingangsspannung zwischen den Elektroden 1 und 0 kann außerhalb der Resonanz des Quarzes nicht an die Elektrode 2 gelangen, da der ganze Aufbau wie ein Schirmkondensator wirkt (Bild 3d). Im Resonanzfall wird der Quarz in der Eigenfrequenz erregt; er beginnt mechanische Schwingungen auszuführen und zwischen den Elektroden 2 und 0 tritt eine Wechselspannung auf, die gegen die Eingangsspannung um 180° in der Phase verschoben ist. Dieser Tatsache ist im Ersatzbild 3a durch Einführung eines idealen Übertragers Tr Rechnung getragen; durch die Kapazität C_3 ist die Sperrung des Gleichstromweges gekennzeichnet; C_1 und C_2 sind die Eingangs- bzw. Ausgangskapazität. In Tafel 1 sind Zahlenwerte für die Bestimmungsstücke, wie sie sich für einen 1000 Hz-Quarz ergaben, zusammengestellt.



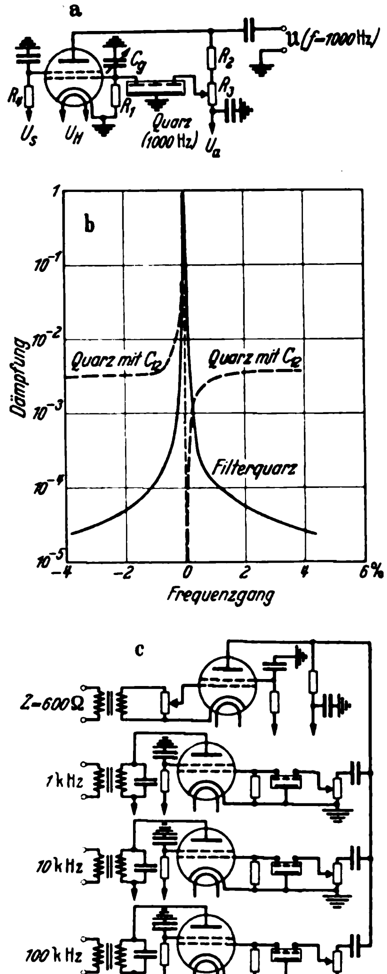
a Ersatzbild b Elektrodenanordnung c Symbol d Schirmkondensator

Bild 3. Dreipoliger Quarz.

Tafel 1. Hauptwerte tonfrequenter Schwingquarze.

f (Hz)	C_1' (pF)	C_2 (pF)	C_q (pF)	L_q (H)	R_q (MΩ)	tg δ	ϑ	Tk/°C
1000	10	10	$1{,}6 \cdot 10^{-2}$	$1{,}6 \cdot 10^{6}$	3	$3 \cdot 10^{-4}$	0,0001	$-1{,}1 \cdot 10^{-5}$

Das Wesentliche ist, daß bei den in Betracht gezogenen niedrigen Frequenzen praktisch immer mit einer ohmschen Belastung des Quarzes zu rechnen ist. Das Auftreten einer Phasendrehung um 180° zwischen Eingangs- und Ausgangsspannung ermöglicht die Anwendung der in Bild 4a gezeigten Anordnung zur Schwingungserzeugung mit tonfrequenten Steuerquarzen der beschriebenen Art, in der zusätzlich nur mit ohmschen Widerständen gearbeitet wird und frequenzbestimmend allein der Quarz ist. Die Einstellung der Rückkopplung erfolgt über den Regelwiderstand R_3. Eine Untersuchung der Abhängigkeit der Frequenz von den Betriebsspannungen U_a, U_s und U_H sowie von der Gitterkapazität C_g zeigte, daß sich bei Änderungen um die Einheit nur Frequenzänderungen in der Größenordnung von 10^{-6} des Ausgangswertes erzielen lassen; dabei ist der Einfluß einer C_g-Änderung verhältnismäßig am größten, so daß man mit einem kleinen Trimmer den Schwingungserzeuger noch genau abgleichen und kleine Ungenauigkeiten beim Schleifen beheben kann. Besonders geeignet erscheinen die beschriebenen Quarze ferner zur Anwendung in Filterschaltungen, wie der Vergleich der Durchlässigkeit in Bild 4b zeigt. Eine Röhrenschaltung zum Aussieben von mehreren festen Frequenzen aus einer Übertragungsleitung, die außerdem eine große Anzahl von Störspannungen führt, die durch Nebensprechen und andere Kopplungen entstanden, zeigt Bild 4c. Praktisch werden mit den beschriebenen Filterquarzen Störfrequenzen, die nur 10^{-4} neben der Sollfrequenz liegen, gesperrt. Der Temperaturkoeffizient dieser Quarze beträgt bei etwa 20°C ungefähr -10^{-5}/°C. Bei einer Halbwertbreite der Durchlässigkeitskurve von 10^{-4} wäre somit eine Temperaturschwankung um ± 10°C zulässig. *E. C. M.*



a Generatorschaltung
b Resonanzkurve
c Siebkette

Bild 4. Filterquarz.

Physik

DK 621.383 : 535.21

Lichtelektrische Untersuchungen an Leuchtstoffen. [Nach L. Bergmann u. F. Ronge, Phys. Z. 41 (1940) S. 349; 6½ S., 4 B.]

Bereits früher hat L. Bergmann mit der in Bild 5 wiedergegebenen lichtelektrischen Zelle eine Versuchsanordnung angegeben, die mit wenigen Milligramm des zu untersuchenden Stoffes auskommt. Ein Metallring *b* drückt eine dünne Quarzplatte *e* gegen den Ansatz *d* des isolierenden Ringes *a*. Die Quarzplatte trägt eine durchsichtige, mit *b* leitend verbundene Goldhaut *c*. Der zu untersuchende Stoff *g* wird in Pulverform mit Zaponlack als Bindemittel durch die Aluminiumplatte *f*, das Metallstück *h* und die Feder *i* gegen *e* gepreßt. Die Zelle wird durch eine Lochscheibe intermittierend belichtet und die an den Kondensatorplatten *c* und *f* auftretende Wechselspannung verstärkt und nach Gleichrichtung gemessen. Die Spannung entsteht dadurch, daß das absorbierte Licht längs seines Weges eine nach einer Exponentialfunktion abfallende Konzentration der Elektronen hervorruft. Die Elektronen folgen dem Konzentrationsgefälle und erzeugen durch Influenz auf den Kondensatorplatten eine Potentialdifferenz. Da auch fluoreszierende und phosphoreszierende Stoffe einen solchen lichtelektrischen Effekt zeigen, haben die Verfasser eine größere Zahl von im Handel befindlichen Leuchtstoffen untersucht. Einen deutlichen lichtelektrischen Effekt zeigen nur diejenigen Stoffe, die nicht oder nur kurzzeitig nachleuchten. Das ist verständlich, wenn durch den Effekt nur die bei Erregung

stattfindende Elektronenablösung und nicht die den Leuchtprozeß bewirkende Elektronenrückkehr registriert wird. Bei lange nachleuchtenden Phosphoren wird dann durch die neue Belichtung nur eine geringe Zahl weiterer Elektronen in Bewegung gesetzt, da der Stoff noch fast voll erregt ist. Das Maximum des Effekts liegt bei den Wellenlängen, bei denen auch maximales Leuchten auftritt. Es dürfte für die Herstellung und Untersuchung der Leuchtstoffe in der Praxis von Bedeutung sein, daß auf diese Weise an kleinsten Proben die geeignete Wellenlänge des eingestrahlten Lichtes festgestellt werden kann. Die Verfasser zeigen noch weiter, daß sich auch die Auslöschung der Fluoreszenz bzw. Phosphoreszenz durch Ultrarotbestrahlung lichtelektrisch nachweisen läßt. *Br.*

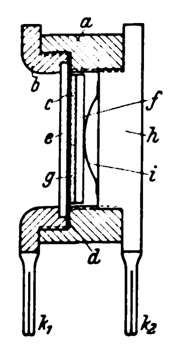


Bild 5. Lichtelektrische Zelle zur Untersuchung kleinster Stoffmengen.

DK 537.525.5

Elektrostatische Lichtbogenlöschung nach dem Verhungerungsprinzip. [Nach H. Meinhardt, Arch. Elektrotechn. 34 (1940) H. 2, S. 85; 14 S., 26 B.]

An einem Quecksilberdampfentladungsgefäß werden Versuche beschrieben, die zeigen, daß es gelingt, eine Gleichstromentladung in jedem Augenblick und beliebig oft elektrostatisch zu unterbrechen. Der Löschvorgang wird durch Verhungerung der Gasstrecke an positiven Ionen erzwungen, die durch elektrostatische Einwirkung auf die Gasstrecke mittels im Anodenarm angeordneter, zweckmäßig geformter Gitter herbeigeführt wird. Die Verhungerung wird zunächst durch eine (30 bis 90 mm) lange Eisenkammer mit einem 3 bis 8 mm breiten Entladungsspalt erreicht, die auf negatives Potential gebracht wird (bis — 500 V). Es gelingt damit nur Ströme bis 3 A zu löschen, weil darüber hinaus ein Lichtbogenüberschlag von der Kammer nach der Anode stattfindet. Eine Verbesserung des Verfahrens wird durch die Anwendung von Mehrsiebgittern gefunden, d. h. mehrerer hintereinander liegender, elektrisch verbundener Siebe. Bei günstigster Anordnung im Anodenarm ließen sich mit derartigen Sieben Ströme bis 20 A in einem engen Anodenarm löschen. Da es auf die Stromdichte ankommt, sollte es nicht schwierig sein, auf diese Weise 100 A und mehr in genügend weiten Armen zu unterbrechen. Der Löschvorgang dauert weniger als 10^{-5} s. Abschließend wird die Löschfähigkeit der Siebgitter im dynamischen Betrieb mit Oszillogrammen untersucht. Die Gitterlöschleistung beträgt bei Gitterwechselspannung 8 bis 10%, bei Gitterstoßspannung 1% der effektiven Anodenleistung.

Werkstatt und Baustoffe

DK 620.191

Ursachen der Korrosion unter elektrischer Spannung stehender dünner Kupferdrähte. [Nach H. N. Stephens und G. B. Gehrenbeck, Electr. Engng. 59 (1940) Transactions S. 357; 3 S.]

Der Kupferangriff an isolierten Drähten, besonders in Spulen für funktechnische und andere Zwecke, wird teils auf chemische Reaktion zwischen Metall und Isolierstoff, teils auf Elektrolyse an anodisch beanspruchten Teilen der Metalloberfläche zurückgeführt. Man forderte daher die Verwendung möglichst säurefreier Isolier- und Klebstoffe einerseits, geringe Absorptionsfähigkeit gegen Wasser und großen Isolierwiderstand dieser Stoffe anderseits. Die zum Teil sich widersprechenden Erfahrungen in der Praxis veranlaßten die Verfasser, den Einfluß der verschiedenen, die Korrosion bedingenden Ursachen an den zur Spulenherstellung dienenden Klebstoffen, wie Pflanzenleim, Gummi, Harz, an natürlichen, mehr oder weniger korrosiven Hüllstoffen aus Zellulose, Papier, Leinen, Seide, Wolle sowie an nicht korrosiven synthetischen Stoffen, wie Zelluloseazetat, Gummi, Harz und deren Derivaten experimentell zu untersuchen. Zwecks Abkürzung der Versuchsdauer wurde ein Schnellverfahren angewendet. Die Versuchsanordnung bestand jeweils im wesentlichen aus zwei parallelen blanken Drähten, die eine gekrümmte, mit dem zu untersuchenden Stoff bedeckte Oberfläche unter Druck berührten; zwischen den Drähten wurde eine Gleichspannung von 90 bis 250 V aufrechterhalten. Die Versuche wurden bei 90% relativer Feuchtigkeit und 50° C durchgeführt. Die normale Versuchsdauer betrug bei 90 V vier Tage. Die Korrosionswirkung wurde mikroskopisch beobachtet. Eingehende Versuche an Zellulosestoffen ergaben, daß Wasseraufnahme und Stromübergang die Korrosion zwar sekundär fördern, die primäre Ursache jedoch in elektrochemischer Oxydation der Zellulose am anodischen Pol zu suchen ist, wobei sich in Gegenwart von Wasser wasserlösliche Säuren bilden, die den Kupferangriff hervorrufen. Imprägnierung mit nichtkorrosiven Stoffen, wie Gummi und Harz, schützt danach nur, wenn sie die Berührung zwischen Draht und Zellulose überall dauernd verhindert. Das sicherste Schutzmittel ist nach den Ergebnissen die Verwendung von Zelluloseazetat. *Bg.*

DK 669.71+.72 : 621.3

Die Bedeutung der Leichtmetalle für die Starkstromtechnik. [Nach T. Pausert, Rev. gén. Électr. 47 (1940) S. 301; 4 S., 2 Taf.]

Die werkstoffbesonderen Eigenschaften der Aluminium- und Magnesiumlegierungen ermöglichen ihre ausgedehnte Verwendung in der Starkstromtechnik. Mannigfach sind die Vorteile, die sich durch das niedrige spezifische Gewicht der Leichtmetalle ergeben; dieses beträgt bei Aluminium etwa 2,8 und bei Magnesium rd. 1,8 g/cm³. Der Leichtbau ist insbesondere bei ortsveränderlichen Anlagen, wie im elektrischen Zugbetrieb, bei elektrischen Einrichtungen für Flug-, Fahrzeuge und Schiffe entwicklungsfördernd. Anderseits ist die Herstellung der Leichtmetallteile meist einfacher als die entsprechender Stahlteile. Zu den guten physikalischen und chemischen Eigenschaften der Leichtmetalle kommt das vorteilhafte mechanische und thermische Verhalten. Die zunehmende Anwendung spiegelt sich in den Welterzeugungszahlen wieder, die für das Jahr 1900 mit etwa 7300 t Aluminium und für 1938 mit rd. 512 000 t angegeben werden. Bauxit als wichtigster Aluminiumrohstoff ist in Frankreich in erheblichem Maße vorhanden und wurde jährlich zu etwa 670 000 t abgebaut.

Nach einem Hinweis auf die wichtigsten Ausgangsstoffe, die Gewinnung und den Korrosionsschutz der Leichtmetalle wird kurz auf die Vergütbarkeit und die Haupteigenschaften reiner Leichtmetalle eingegangen. Verwendet werden die Leichtmetalle im Elektromaschinenbau für nichtmagnetische Teile und Werkstücke hoher Geschwindigkeit. Durch Fliehkräfte stark beanspruchte Wicklungen werden seit Jahren aus Aluminium hergestellt, wobei sich bei leitwertgleichen Ausführungen erhebliche Gewichtsverminderungen gegenüber Kupferwicklungen ergeben. Um den für Freileitungen erforderlichen hohen Korrosionswiderstand zu erzielen, werden dem Aluminium bestimmte Legierungszusätze beigegeben; die Zusammensetzung von Aldrey, Aluman, Mangal, Antikorodal, Aludur, Duralumin K, W und Y, Pantal, Ulmal und Legal sind angegeben. Die Anwendung der Aluminiumlegierungen für Wicklungen und Leitungen hat sich bewährt. Während ein ausreichender Korrosionsschutz bei Al-Legierungen nach verschiedenen Verfahren erreicht werden kann, ist Magnesium schwerer gegen Korrosion zu schützen; jedoch wurden auch dafür verschiedene Verfahren entwickelt. Außerdem bringt das Hinzulegieren von ziemlich geringen Legierungsanteilen Abhilfe, wie an der Zusammensetzung von Magnewin und einigen weiteren Magnesiumlegierungen gezeigt wird. Die Verarbeitung der Magnesiumteile erfordert wegen der leichten Entzündbarkeit der Magnesiumspäne besondere Vorsichtsmaßnahmen in der Werkstatt, da ein entstandener Brand nicht durch Wasser, sondern durch Sand oder Graugußspäne gelöscht werden muß. Hierbei wird auf die deutschen Erfahrungen und vorbildlichen Einrichtungen verwiesen. *Tsch.*

Verschiedenes

Wiener Frühjahrsmesse 1941. — In der Zeit vom 9. bis 16. März 1941 findet in Wien die Frühjahrmesse statt. Die Messe ist in ihrem technischen Teil auf die Landwirtschaft abgestimmt und erhält ihre besondere Bedeutung durch die offizielle Beteiligung des Reichsnährstandes sowie der Kraftfahrzeug- und Kraftfahrzeugbestandteil-Industrie des Reiches und des Protektorates. Näheres beim Wiener Fremdenverkehrsverein, Wien I, Schubertring 6.

VERSCHIEDENES

BEKANNTMACHUNGEN

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker
(Eingetragener Verein)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus
Fernsprecher: 30 06 31 — Postscheckkonto: Berlin 213 12
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00
Postscheckkonto der ETZ-Verlag G. m. b. H.: Berlin 223 84

Drähte und Kabel

Vom Ausschuß für Drähte und Kabel sind Entwürfe zu einer Änderung des § 7 von

VDE 0250 „Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen"

sowie einer Änderung des § 7 von

VDE 0250 U „Umstell-Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen"

aufgestellt, die in ETZ 62 (1941) H. 8, S. 178 veröffentlicht sind.

Begründete Einsprüche sind der Geschäftstelle bis zum . . . . 1941 einzureichen.

Errichtungsvorschriften II

Der Ausschuß für Errichtungsvorschriften über 1000 V hat geringfügige Änderungen redaktioneller und sachlicher Art an

VDE 0101 „Vorschriften nebst Ausführungsregeln für die Errichtung von Starkstromanlagen mit Betriebsspannungen von 1000 V und darüber"

vorgenommen, die größtenteils durch die Neubearbeitung der Vorschriften VDE 0108, VDE 0141 und VDE 0210 notwendig geworden sind. Diese Änderungen sind als VDE 0101 d/XII. 40 in ETZ 62 (1941) H. 8, S. 179 veröffentlicht. Sie wurden vom Vorsitzenden des VDE im Dezember 1940 genehmigt und mit Wirkung ab 1. März 1941 in Kraft gesetzt.

Hochspannungsgeräte

Der Ausschuß für Hochspannungsgeräte veröffentlicht in ETZ 62 (1941) H. 8, S. 180 einen Entwurf zu

DIN 48109 „Freiluft-Stützisolatoren für gekittete Armaturen".

Dieser Normblattentwurf gründet sich auf einen Vorschlag der Wirtschaftsgruppen Elektroindustrie und Keramische Industrie und bezweckt eine weitgehende Typenvereinheitlichung im Sinne der neubearbeiteten „Regeln für Wechselstrom-Hochspannungsgeräte" VDE 0670/XII. 40 [vgl. ETZ 62 (1941) H. 4, S. 83]. Freiluft-Stützisolatoren entsprechen nach dem Entwurf von DIN 48109 hinsichtlich Schlagweite, Regenüberschlagspannung und 50%-Überschlag-Stoßspannung (+ 1|50 µs) den neuen Regeln VDE 0670/XII.40.

Etwaige Bemerkungen können bei der VDE-Geschäftstelle bis zum 10. März 1941 eingereicht werden.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
Der Geschäftsführer
Viefhaus

Bezirk Berlin

vormals Elektrotechnischer Verein
(Gegründet 1879)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 I, VDE-Haus
Fernsprecher: 30 06 31

Fachversammlung

des Fachgebietes „Leitungen und Leitungsnetze"
Leiter: Oberingenieur Dipl.-Ing. H. Calliess VDE.

Vortrag

des Herrn Oberingenieur A. von Schaubert, Berlin, am Donnerstag, dem 27. Februar 1941, 18[30], in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Hörsaal EB 301, über das Thema:

„Die Erzeugung einer Sternpunkts-Erdspannung in Netzen, ein vielseitiges Betriebsmittel der Hochspannungstechnik".

Inhaltsangabe:

Netzsicherheit und Sternpunkts-Erdspannung U_{MpE}.
Netz- und E-Relais-Prüfung.
Dauernder Wicklungs-Schutz.
Völlige Erdschlußlöschung 10 kV (Film) u. Beseitigung.
Anzeige von U_{MpE}, U_{ER}, U_{ES}, U_{ET}.
Abstimmung der Petersen-Spulen.
Erdschlußmäßige Verkopplung und Netzverbundwirtschaft.
Zeichengabe durch U_{MpE}.

Eintritt und Kleiderablage frei.

Fachversammlung

des Fachgebietes „Leitungstelegraphie und -telephonie"
Leiter: Direktor Professor K. Küpfmüller VDE.

Vortrag

des Herrn Dr. phil. C. A. Hartmann, Berlin, am Donnerstag, dem 6. März 1941, 18[30], in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Hörsaal EB 301, über das Thema:

„Werkstoffragen der Nachrichtentechnik. II. Elektrisch und magnetisch wirksame Werkstoffe (ohne Drähte und Leitungen)".

Eintritt und Kleiderablage frei.

Arbeitsgemeinschaften (Technischer Nachwuchs)

Die Teilnahme ist frei. VDE-Mitgliedschaft ist nicht Bedingung.

Kabel und Leitungen. Leiter: Oberingenieur Dipl.-Ing. O. Gasser VDE.
24. Februar 1941, 18[00], VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. „Aldrey-Freileitungen für Fernmeldezwecke". Vortragender: Oberpostrat Dipl.-Ing. H. Görsdorf VDE.

Elektrische Bahnen. Leiter: Reg.-Baurat Dr.-Ing. habil. H. Kother VDE.
25. Februar 1941, 18[00], VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. Vortragsreihe: Ortsfeste Anlagen des elektrischen Zugbetriebes. 2. Teil: Ausführungen ortsfester Anlagen des elektrischen Zugbetriebes. 3. Vortrag: „Fern-, Speise- und Fahrleitungen". Vortragender: Reichsbahn-Oberrat Dipl.-Ing. H. Nibler.

Stromrichter. Leiter: Dr.-Ing. habil. W. Schilling VDE.
26. Februar 1941, 18[00], VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. Vortragsreihe: Gittersteuertechnik der Stromrichter. „Schaltungen zur Gittersteuerung der Stromrichter". Vortragender: Dr.-Ing. G. Reinhardt VDE.

Elektrophysik. Leiter: Dr.-Ing. F. Hauffe VDE.
27. Februar 1941, 18[00], VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. Vortragsreihe: Physik und Technik des Tonfilms. „Tonaufnahme". In Zusammenarbeit mit der Deutschen Kinotechnischen Gesellschaft. Vortragender: Ingenieur M. Dietrich.

VDE Bezirk Berlin
vormals Elektrotechnischer Verein
Der Geschäftsführer
Burghoff



Sitzungskalender

VDE Bezirk Niedersachsen, Hannover. 25. 2. (Di), 18^{00}, T. H.: „Stroboskop und Film in Physik und Technik" (m. Film). Dr. Meyer.

VDE Bezirk Ostsachsen, Dresden. 27. 2. (Do), 18^{00}, T. H.: „Windräder und Windkraftwerke". Dr. H. Witte VDE.

VDE Bezirk Württemberg, Stuttgart. 20. 2. (Do), 19^{15}, Technische Werke, Lautenschlagerstr. 21: „Wirtschaftliche und technische Probleme der elektrischen Installation in Siedlungsbauten". Dipl.-Ing. H. Dürbeck VDE.

Fachgruppe Energiewissenschaft — Gauwaltung Wien. 26. 2. (Mi), 18^{00}, Haus der Technik, Eschenbachgasse 9: „Die Fernsteuerung elektrischer Anlagen unter besonderer Berücksichtigung von Stadt- und Industrienetzen mit dem Transkommandosystem". Dr. V. Aigner VDE.

Deutsche Lichttechnische Gesellschaft, Berlin. 20. 3. (Do), 15^{00}, Harnack-Haus, Berlin-Dahlem: „Arbeitstagung über „Die Farbe, ihre Bewertung, Messung und Anwendung in Wissenschaft, Technik und Industrie". Acht Vorträge mit anschließendem geselligen Beisammensein:

„Das Normblatt DIN 5033 und die Pläne zu seiner Neugestaltung". Dr. Dresler DLTG.
„Die Bedeutung der Neutralbestimmung des Auges für Farbmessung und Farbmusterung". Prof. Dr. med. v. Tschermak.
„Farbkarten und Farbkörper". Dr. Rösch.
„Der Einfluß farbiger Umgebung auf den Menschen". Dipl.-Ing. Fuchs.
„Studien zum Oswaldschen Filtermeßverfahren". Dr. Richter.
„Nutzbringende Anwendung der Farbmessung im Färbereibetrieb". Dir. Linke.
„Anwendung der Erkenntnisse der Farbenlehre in der Reproduktionstechnik". Dr. Neugebauer.
„Über die „naturgetreue" Farbenwiedergabe beim Farbfilm". Dipl.-Ing. von Lagorio.

Physikalische Gesellschaft zu Berlin und Deutsche Gesellschaft für technische Physik. 26. 2. (Mi), 17^{00}, Phys. Inst. T. H., Kurfürstenallee 20/22: „Kosmische Ultrastrahlen". Prof. Dr. H. Geiger.

Institut für Metallkunde, Bergakademie Clausthal. 24. 3. bis 5. 4.: Metallographischer Ferienkursus unter Leitung von Prof. Dr. A. Merz. Anfragen sind an das Institut für Metallkunde der Bergakademie Clausthal/Harz, Gr. Bruch 23, zu richten.

PERSÖNLICHES

F. Banneitz †. — Am 5. Dezember 1940 erlag der Vizepräsident Herr Dipl.-Ing. Dr. phil. F. Banneitz in Dresden einem Herzschlag. Er war als Pionier der Fernsehentwicklung weiten Kreisen des In- und Auslandes bekannt. Geboren am 11. September 1885 in Hameln, studierte er ab 1904 an der T.H. Darmstadt und bezog nach Ablegen der Diplomhauptprüfung die Universitäten Heidelberg und Leipzig. Dort widmete er sich dem Studium der Physik und Mathematik und promovierte 1914 zum Dr. phil. Den Weltkrieg machte Banneitz als Kriegsfreiwilliger und ab 1916 als wissenschaftlicher Hilfsarbeiter bei der Torpedo-Inspektion Kiel mit, wo ihm funktechnische Aufgaben übertragen wurden. Nach Kriegsende trat er zum Funkbetriebsamt der Deutschen Reichspost über und wurde 1920 zum Telegraphendirektor ernannt. Zur maßgebenden Bearbeitung der Schnelltelegraphie übernahm er zunächst zusätzlich 1928 Versuche auf dem Gebiet des Fernsehens. Er untersuchte mit einem kleinen Stab von Mitarbeitern erstmalig grundlegende Fragen der Bildrasterung, des notwendigen Übertragungsaufwandes und der Apparattechnik hinsichtlich ihrer Eignung für die betriebliche Anwendung. Die großen deutschen Funkausstellungen zeigten von 1930 ab stets die Fortschritte in der Anwendung des Fernsehens, die durch seine Initiative und tatkräftige Arbeit erzielt wurden. Dank der nachdrücklichen Förderung des neuen Gebietes der Nachrichtentechnik durch den Herrn Reichspostminister Dr. Ohnesorge konnte er in verhältnismäßig kurzer Zeit die Bildgüte durch Erhöhung der Zeilen- und Bildwechselzahl auf ein den heutigen Ansprüchen genügendes Niveau bringen.

Auf Grund seiner Untersuchungen in der Forschungsanstalt der Deutschen Reichspost, deren Leitung der Reichspostminister ihm am 1. 1. 1937 übertrug, wurde die deutsche Fernsehnorm (441 Zeilen, 25 Bildwechsel im Zeilensprungverfahren) verkündet. Die Bedeutung dieser Festlegung für den stetigen Entwicklungsgang des Fernsehrundfunks erkennt man z. B. daran, daß die Vielzahl der Systeme in den Vereinigten Staaten von Amerika heute noch ein starker Hemmschuh für die allgemeine Verbreitung des Fernsehens ist. Das Fernsehhaus am Adolf-Hitler-Platz in Berlin entstand unter Banneitz's Leitung als Mustersendeanlage. Es überträgt allabendlich Sendungen nach dem genormten System.

Auch am Ausbau der Breitbandübertragungs- und Fernsehsprechtechnik nahm Banneitz als Leiter der Forschungsanstalt führenden Anteil.

In der Fachliteratur ist er durch zahlreiche Veröffentlichungen und als Schriftleiter mehrerer Zeitschriften hervorgetreten. Seine umfassenden Erfahrungen auch in anderen Zweigen der Nachrichtentechnik zeigte er als Herausgeber des auch heute noch gern gebrauchten „Taschenbuches der drahtlosen Telegraphie und Telephonie".

Seit Sommer 1938 war Dr. Banneitz Vizepräsident der Reichspostdirektion Dresden. Sein unerwarteter Tod hat einem schaffensreichen Leben ein vorzeitiges Ende gesetzt. H. Gerwig

E. Eisemann †. — Am 24. Januar starb in Stuttgart Herr Fabrikant Ernst Eisemann. In Stuttgart geboren, machte er sich zur gleichen Zeit wie Robert Bosch im Jahre 1886 in Stuttgart selbständig. Das junge Unternehmen befaßte sich anfänglich mit der Installation von Schwachstrom-Anlagen. 1893 wurden Phonographen hergestellt und 1899 sah man Eisemann mit Versuchen für magnet-elektrische Apparate beschäftigt. Das Jahr 1902 brachte dann den Erfolg: Es gelang ihm, seine erste Hochspannungs-Magnetzündung auf den Markt zu bringen. Mit besonderem Nachdruck entwickelte dann sein Betrieb elektrische Lichtanlagen, vor allem Lichtmaschinen und Scheinwerfer für Kraftfahrzeuge. Das Unternehmen blühte mächtig auf. Im Jahr 1925 kam zwischen den Eisemann-Werken und der damaligen Robert Bosch AG. eine Verständigung zustande, die beide Werke unter einheitliche Leitung brachte. 1937 gingen die Eisemann-Werke ganz in den Besitz der Robert Bosch GmbH. über. Inzwischen war Eisemann durch die Herstellung von tragbaren benzin-elektrischen Stromerzeugern hervorgetreten. Seine Stromerzeuger für Schwach- und Starkstrom erlangten bald einen guten Ruf in den verschiedensten Abnehmerkreisen. Dazu kamen Handleuchten und lichtstarke Scheinwerferanlagen aller Art zur Beleuchtung von Unfallplätzen. Bis über sein 70. Lebensjahr hinaus arbeitete Ernst Eisemann rastlos an der Lösung technischer Aufgaben. Er war immer bestrebt, seinen Erzeugnissen eine möglichst vollkommene Form zu geben. Der Verstorbene, der im 77. Lebensjahr stand, wurde am 28. Januar 1941 auf dem Stuttgarter Pragfriedhof eingeäschert.

K. Euler †. — Am 23. 12. 1940 starb nach längerem schweren Leiden Herr em. o. Prof. Dr.-Ing. Karl Euler. Geboren am 15. 5. 1878 studierte er an der T. H. Hannover Elektrotechnik und war vom Jahre 1905 ab als Assistent und späterer Konstruktionsingenieur beim Lehrstuhl von Geh. Prof. Dr. W. Reichel an der T. H. Berlin tätig. Hier promovierte er und kam mit Eröffnung der T. H. Breslau 1910 an das Elektrotechnische Institut. Mit besonderer Liebe und Sorgfalt widmete er sich hier dem Unterricht sowie seinen Lehrgebieten Elektrotechnische Meßkunde und Elektrische Kraftanlagen und Bahnen. Die strenge Kritik, die er sich selbst auferlegte und eine besondere Gewissenhaftigkeit sind für seine Arbeiten kennzeichnend. Mit einem klaren Sinn für die Wirklichkeit und mit einem besonderen Talent für konstruktive Gestaltung versehen, hatte Euler ein fein ausgeprägtes Empfinden für die Schaffung gesunder elektrotechnischer Konstruktionen. Von seinen Arbeiten sei hier an die Durchbildung der oberwellenfreien Gleichstrommaschine erinnert. In den letzten Jahren hat der nun Verstorbene auch im werktechnischen Ausschuß der Stadtverwaltung beratend mitgewirkt. Den Weltkrieg hat Euler als Offizier mitgemacht und war Inhaber beider EK. Bei seinem schlichten, bescheidenen Wesen vermied er es trotz

K. Euler †

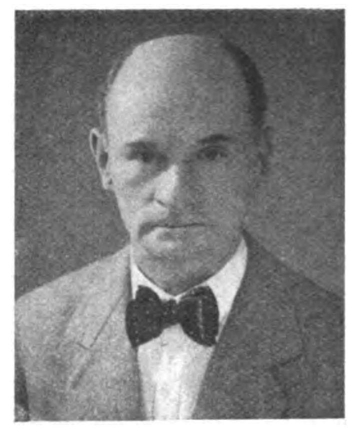
seines Wissens und Könnens in den Vordergrund zu treten. Stets hilfsbereit, hatte er mit seinem gütigen Herzen ein vornehmes Empfinden für die Nöte der Mitmenschen, insbesondere der studierenden Jugend. Gg. Hilpert VDE

A. Przygode †. — Am 20. Januar starb in Berlin Herr Reg.-Baum. a. D. Arthur Przygode im 73. Lebensjahr. Nach dem Besuch des Köllnischen Gymnasiums und seiner anschließenden Militärzeit studierte er an der T. H. Charlottenburg Maschinenbau und Elektrotechnik, ließ sich dann einige Zeit später aus dem Staatsdienst beurlauben, um am Bau der Straßenbahnen Leipzig, Braunschweig, Chemnitz, Potsdam und Konstantinopel sowie an der Berliner Hoch- und Untergrundbahn maßgeblich mitzuwirken. Während des Weltkrieges war der Verstorbene kriegswirtschaftlich tätig und wurde mit dem Kriegsverdienstkreuz ausgezeichnet.


A. Przygode †

In den darauf folgenden Jahren betätigte sich Przygode als technischer Schriftsteller und war in dieser Eigenschaft der ETZ ein äußerst gewissenhafter, fleißiger und von allen geschätzter Mitarbeiter.

H. J. Behner. — Herr Oberingenieur Hermann J. Behner VDE, Direktor der Deutschen Betriebsgesellschaft für drahtlose Telegrafie mbH., im In- und Ausland kurz als „Debeg" bekannt, feierte am 14. Januar seinen 60. Geburtstag. Als junger Ingenieur trat er 1905 bei Telefunken in die Abteilung „Eigenbetrieb" ein, die die Funktelegraphie für die deutsche Handelsmarine bearbeitete. 1908 wurde diese Abteilung zum „Internationalen Telefunken Betrieb" umgewandelt, woraus 1911 die „Deutsche Betriebsgesellschaft für drahtlose Telegrafie mbH. (Debeg)" gegründet wurde, dessen Leitung Herr Behner übernahm. Unter seiner Führung, gestützt auf sein umfangreiches Wissen und seine kluge Voraussicht für die Wichtigkeit der drahtlosen Telegraphie für die Handelsschiffahrt, wurde in Verbindung mit der deutschen Reederei das deutsche Seefunkwesen organisiert, aufgebaut und zur heutigen Größe entwickelt. Seine Arbeit ist von den Leistungen der Gesellschaft für die deutsche Seeschiffahrt nicht zu trennen. Bei den in verschiedenen Ländern tagenden großen Weltnachrichten-Konferenzen vertrat Herr Behner die Debeg und damit das Interesse der deutschen Reederei. Als Mitbegründer und Vizepräsident des Comité International Radio-Maritime, Sitz Brüssel, wirkt er führend an der Regelung aller Fragen der drahtlosen Schiffstelegraphie mit. Zahlreiche Verbesserungen des internationalen Seefunkdienstes und der Funkorganisation zum Vorteil der Schiffahrt sind seinem Antrieb zu verdanken. Mit dem 60. Geburtstag dieses Pioniers der Einführung der drahtlosen Telegraphie in die deutsche Seeschiffahrt fällt auch der 30. Gründungstag der „Debeg" zusammen. *Wi.*


H. J. Behner

Hochschulnachrichten. — Herr Dr.-Ing. habil. Emanuel Hettwig VDE ist unter Zuweisung an die Fakultät für Maschinenwesen der T.H. Berlin zum Dozenten für das Fach „Fernsprechanlagen mit Wählbetrieb" ernannt worden.

BUCHBESPRECHUNGEN

DK 621.316.925

Relaisbuch. Bearb. v. Dr.-Ing. M. Walter. Herausgeg. v. d. Wirtschaftsgr. Elektrizitätsvers. u. d. Reichsverband der Elektrizitätsvers. 2., vollst. neubearb. Aufl. Mit 177 B. u. 294 S. im Format 158 × 225 mm. Franckh'sche Verlagshandlung Berlin 1940. Preis geb. 16,50 RM.

Als vor 10 Jahren die erste Auflage des „Relaisbuch" erschien, befand sich das Gebiet des Selektivschutzes noch in voller Entwicklung. Es war daher damals schwer, Wichtiges und Unwichtiges zu unterscheiden, da erst die Praxis bei vielen Schutzsystemen über Erfolg oder Mißerfolg entscheiden konnte. Jetzt beim Erscheinen der zweiten Auflage konnte über das Gebiet berichtet werden, nachdem fast durchweg eine Klärung erfolgt und die Entwicklung in ruhigere Bahnen gekommen ist. So war es möglich, das Grundsätzliche in den Vordergrund zu stellen, veraltete Verfahren fortzulassen und Fortschritte, wie beispielsweise die Sparschaltungen beim Widerstandschutz oder das Erzielen kurzer Abschaltzeiten entsprechend zu würdigen.

Der vorgesehene Umfang brachte es mit sich, daß manche interessante Einzelheit nur kurz erwähnt werden konnte, aber stets ist durch einen Literaturhinweis die Möglichkeit zu eingehenderem Studium gegeben.

Eine Zusammenstellung der Begriffserklärungen macht vorweg den Leser mit den wichtigsten Begriffen der Schutztechnik vertraut. Im 2. Abschnitt werden die Fehlerarten und das Verhalten der Ströme und Spannungen bei Störungen in Drehstromnetzen beschrieben. Der dritte, umfangreichste Teil — 180 Seiten — behandelt Aufbau, Wirkungsweise und Anwendung der Schutzrelais bzw. Schutzeinrichtungen, der entsprechend der Wichtigkeit für die Arbeitsweise des Selektivschutzes durch einen besonderen Abschnitt über Meßwandler ergänzt wird. Weitere Kapitel über Auslösearten in der Schutztechnik und Schutzeinrichtungen für einzelne Anlageteile vervollständigen den Überblick. Der letzte Teil über Prüfung und Wartung der Schutzeinrichtungen sowie Störungsklärung, der sich auf 16 Seiten beschränkt, ist gegenüber der 1. Auflage stark gekürzt.

Auch bei der Neubearbeitung des Relaisbuches haben namhafte und führende Männer des Betriebes mitgewirkt. Der Aufgabe, daß es vor allem dem Planungs- und Betriebsingenieur als zuverlässiger Ratgeber dienen soll, ist es daher durchaus gerecht geworden. Das Buch kann aber auch jedem, der sich mit dem überaus interessanten und für die Elektrizitätsversorgung so wichtigen Zweig der Elektrotechnik vertraut machen will, empfohlen werden. J. Sorge VDE

DK 621.314.5/.6

Elektrische Stromrichter. Von G. W. Müller-Uhlenhoff. Mit 272 B., XI und 283 S. im Format 154 × 228 mm. Verlag von Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig 1940. Preis geh. 17 RM, geb. 18,60 RM.

Durch das vorliegende 283 Seiten umfassende Buch wird das deutsche Schrifttum über den Quecksilberdampf-Stromrichter wesentlich bereichert. Es will kein Lehrbuch der theoretischen Stromrichtertechnik sein, sondern der Verfasser gibt aus seiner langjährigen Erfahrung einen Querschnitt über die praktischen Ausführungsformen von Stromrichtergefäßen und -Anlagen. In dankenswerter Weise werden hierbei die Bauformen und Schaltungen nicht nur einer einzigen Firma, sondern aller in Betracht kommenden Herstellerfirmen berücksichtigt. Ein kurzer Abschnitt ist ferner dem Trockengleichrichter und anderen Sonderausführungen ohne Entladungsgefäße gewidmet. Das leicht verständlich geschriebene Buch wird Ingenieuren, Betriebsleitern und Studierenden ein wertvolles Nachschlagewerk sein.

In der ersten Hälfte des Buches sind Wirkungsweise, konstruktive Einzelheiten und Schaltungszubehör für Zündung, Erregung, Vakuumhaltung, Kühlung, Spannungsregelung und Parallelarbeiten von Hg-Stromrichtern erläutert. Es werden hier die Bauformen des Glasstromrichters mit flüssiger Kathode, des Glühkathodenstromrichters, des pumpenlosen Kleineisenstromrichters und des Großstromrichters in Kesselbauweise besprochen. Auch auf die Fragen der Überlastungsfähigkeit, der Rückzündungen und des Schutzes der Gefäße wird eingegangen. Dann ist der Abschnitt über die Sonderausführungen ohne Entladungsgefäße eingefügt. Den Stromrichtern mit Gittersteuerung und ihren Anwendungen ist ein besonderer Abschnitt gewidmet. Nachdem die verschiedenen Verfahren der Gittersteuerung, die eine praktische Bedeutung erlangt haben, dargestellt worden sind, werden in großen Zügen die Anwendungsgebiete aufgeführt: Stromrichter zum Betrieb von

Gleichstrommotoren, zum Leistungsaustausch zwischen Wechsel- und Gleichstromnetzen, zum Schalten von Stromkreisen (Schweißgleichrichter), Wechselrichterschaltungen, Umrichter u. a. m. Im folgenden Abschnitt werden weitere technische Einzelheiten von Stromrichteranlagen erläutert: Einfache Stromrichter-Transformatorschaltungen, Gleichstromglättungseinrichtungen, Hochfrequenzentstörung, Betriebskennlinien. Dann werden die hauptsächlichen Anwendungsgebiete der Stromrichter ohne Gittersteuerung und der Trockengleichrichter durchwandert: Batterieladung, Netzgleichrichter, selbsttätige und ferngesteuerte Gleichrichterunterwerke, Stromrichter für Bahnstromversorgung. Außerdem werden Ausführungen über die Planung von Stromrichteranlagen gemacht. Den Schluß des Buches bilden Bilder und Schnitte von ausgeführten Anlagen.

Es wäre vielleicht wünschenswert gewesen, wenn entsprechend ihrer großen Bedeutung auch auf die Großstromrichteranlagen für Elektrolysezwecke der chemischen Industrie mit ihren typischen Transformatorschaltungen und Einrichtungen zur Oberwellenkompensation und ferner auf die Hochspannungsstromrichter zur Anodenstromversorgung von Rundfunksendern näher eingegangen worden wäre.

E. Kübler VDE

DK 621.3

Elektrotechnik. Einführung in die Starkstromtechnik. Von Prof. I. Herrmann. I. Die physikalischen Grundlagen. 7. Aufl.[1]) Mit 92 B., 16 Taf. 130 S. im Format 100 × 155 mm. Verlag Walter de Gruyther & Co., Berlin 1940. Preis geb. 1,62 RM.

In dem bekannten Göschenband werden ausgehend vom magnetischen Feld eines Poles zunächst die Größen des Magnetfeldes eingeführt und die magnetischen Eigenschaften des Eisens gezeigt. Es folgt die Behandlung des Induktionsgesetzes für den Fall der Bewegung, wobei bei der Erzeugung von Wechselspannungen geschickt die allgemeine Form des Induktionsgesetzes (Flußänderung) herausgearbeitet wird. Bei der nun anschließenden kurzen Darstellung des Gleichstromkreises bezeichnet der Verfasser die Benutzung des Widerstandes im Sprachgebrauch als irreführend. Er empfiehlt, den Leitwert zu verwenden, arbeitet aber dem Gebrauch entsprechend im folgenden mit dem Widerstand. — In den nächsten Abschnitten werden die Wechselbeziehungen zwischen elektrischem Strom und magnetischem Feld behandelt. Bemerkenswert ist, daß überall auch die Energieverhältnisse im Stromkreis, im magnetischen und elektrischen Feld berücksichtigt werden, und daß die Erscheinungen des Wechselstromes an geeigneten Stellen alsbald mit eingeführt werden. Der besondere Abschnitt über den Wechselstromkreis führt dann die Strahlendiagramme, die Widerstandsarten und den Effektivwert ein. Abgeschlossen wird das Büchlein durch einen Abschnitt über die Maßeinheiten und Maßsysteme. Erwähnt seien noch die beigegebenen ausgezeichneten Eisenfeilspanbilder von 16 verschiedenen Feldanordnungen.

Die vorliegende Neubearbeitung kann als gelungen und verbessert bezeichnet werden. Franz Moeller VDE

EINGÄNGE

[Ausführliche Besprechungen vorbehalten]

Bücher

Fundamente des Sieges. Die Gesamtarbeit der Deutschen Arbeitsfront von 1933 bis 1940. Unter Mitwirkung der Amtsleiter des Zentralbüros der DAF. herausgeg. v. O. Marrenbach. 418 S. im Format 176 × 250 mm. Verlag der Deutschen Arbeitsfront, Berlin 1940. Preis kart. 6,50 RM, geb. 7,80 RM.

[Ein stolzer Rechenschaftsbericht einmaliger Art ist dieses Nachschlagewerk mit seiner eindrucksvollen Schilderung des gewaltigen Entwicklungsganges der Großorganisation aller Schaffenden bis in unsere Kriegszeit hinein. In diesen Jahren wurde eine Sozialpolitik größten Ausmaßes betrieben, eine gewaltige Erziehungsarbeit geleistet und eine Gemeinschaft zur Vollendung gebracht, die die Bewunderung, aber auch den Neid der ganzen Welt erregt. Die eingehende Behandlung der Arbeit der einzelnen Ämter der DAF. mit ihren vielseitigen und umfassenden Aufgaben macht das Werk für jeden Betriebsführer und Gefolgsmann unentbehrlich.]

[1]) Sammlung Göschen Bd. 196.

Bau von Fernmeldeanlagen. Teil I. Leitungen in Gebäuden. Von Ernst Plaß. Mit 221 B. u. 166 S. im Format 116 × 183 mm. Verlag von R. Oldenbourg, München u. Berlin 1940. Preis geb. 4 RM.

[Das Buch hat nach Angabe des Verfassers den Zweck, den Fernmeldemonteuren die Unterlagen für die Beachtung der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Fernmeldeanlagen nach dem Vorschriftenbuch des VDE 0800/XII. 1937 und den zugehörigen Umstellvorschriften an die Hand zu geben. Gleichzeitig soll die Arbeit auch dem Techniker Gelegenheit geben, sich mit den für die Planung und Ausführung der Fernmeldeanlagen zu beachtenden Grundbegriffen vertraut zu machen. Die Ausarbeitung beschränkt sich auf die Verlegung von Leitungen in Gebäuden. In gedrängter Kürze werden das notwendige Baugerät und Bauzeug, soweit es z. Z. für die Verlegungsarbeiten im Gebrauch ist, angegeben und ihre Anwendung im einzelnen behandelt. In einem abschließenden Kapitel werden die vorkommenden Fernmeldeanlagen mit ihren Einrichtungen und Unterbringungsmöglichkeiten kurz geschildert. Zahlreiche Abbildungen unterstützen die Ausführungen.] *Kbr.*

Taschenkalender für Rundfunktechniker 1941. Bearb. von Dipl.-Ing. H. Monn. Mit B. u. 344 S. im Format 105 × 148 mm. Funkschau-Verlag, München 1940. Preis geb. 4,25 RM.

[Der zum zweiten Male erscheinende Kalender ist in seinem technischen Teil wesentlich erweitert worden. Er enthält nun auch Daten über Wechselrichter, Lautsprecher, Skalenlampen, Sicherungen und Schaltungen der Gemeinschaftsempfänger sowie Angaben über Antennenbau, Störschutz und Meßtechnik. Neben erweiterten Abschnitten über elektrotechnische Grundgesetze und Röhren stehen neue über Empfängerstromverbrauch und Ladung sowie Entladung von Sammlern. Auch wissenswerte mathematische und geometrische Formeln kamen hinzu. Im ganzen gesehen kann der Kalender jedem Rundfunktechniker als täglicher Begleiter bestens empfohlen werden.] *Cs.*

Leitungen, Schaltgeräte und Beleuchtung in Bergwerken unter Tage. Von Prof. Dr.-Ing. E. h. W. Philippi. 2. neubearb. Aufl. Mit 74 B. u. 84 S. im Format 148 × 210 mm. Verlag von Dr. Max Jänecke, Leipzig 1940. Preis kart. 2,80 RM.

[Der ersten, in ETZ 61 (1940) S. 120 besprochenen Auflage, ist schon bald die zweite gefolgt, die durch die Behandlung von Aluminium-Kabeln und -Leitungen erweitert wurde. Die im Bergbau tätigen Ingenieure finden in diesem Hilfsbuch für elektrische Untertageanlagen, besonders schlagwettergeschützten Einrichtungen, einen guten Berater für die Auswahl der zu verwendenden Einzelteile.]

Grundgesetze des elektrischen Gleich- und Wechselstromes. Von Gringel-Hutschenreiter. 3. verb. Aufl. 64 S. im Format 152 × 222 mm. R. Herrose's Verlag Gräfenhainischen 1940. Mit 82 B. Preis kart. 1,20 RM.

[Das Büchlein ist für gewerbliche Berufsschüler bestimmt. Die Behandlung des Stoffes ist daher elementar gehalten. Nach Möglichkeit sind die Grundgesetze des Gleich- und Wechselstromes zunächst an Hand eines Versuches eingeleitet, dann folgt die Erklärung und abschließend sind einige rechnerische Aufgaben angefügt.]

Maßeinheiten und Konstanten. Bearb. v. Ing. K. Nentwig. 2. Aufl. 32 S. im Format 105 × 148 mm. Deutsch-Lit. Inst. J. Schneider, Berlin-Tempelhof 1940. Preis geh. 1,20 RM.

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Ing. F. Fröhlich VDE, Berlin-Bohnsdorf, Lechnitzer Str. 29
Ing. J. Kuhn, Wuppertal-Barmen, Buchenstr. 8
Dr. H. W. Meyer-Oldenburg VDE, Woltersdorf bei Erkner, Baumschulenstr. 36

Abschluß des Heftes: 14. Februar 1941

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE (z. Z. im Felde)
G. H. Winkler VDE (z. Z. im Felde)
H. Hasse VDE und R. Henrichs VDE

Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.



E T Z

ERSTES BERICHTSHEFT

Zur Leipziger Frühjahrsmesse 1941

62. Jahrgang • Heft 9 — 27. Februar 1941

Inhalt:

E T Z

ERSTES BERICHTSHEFT

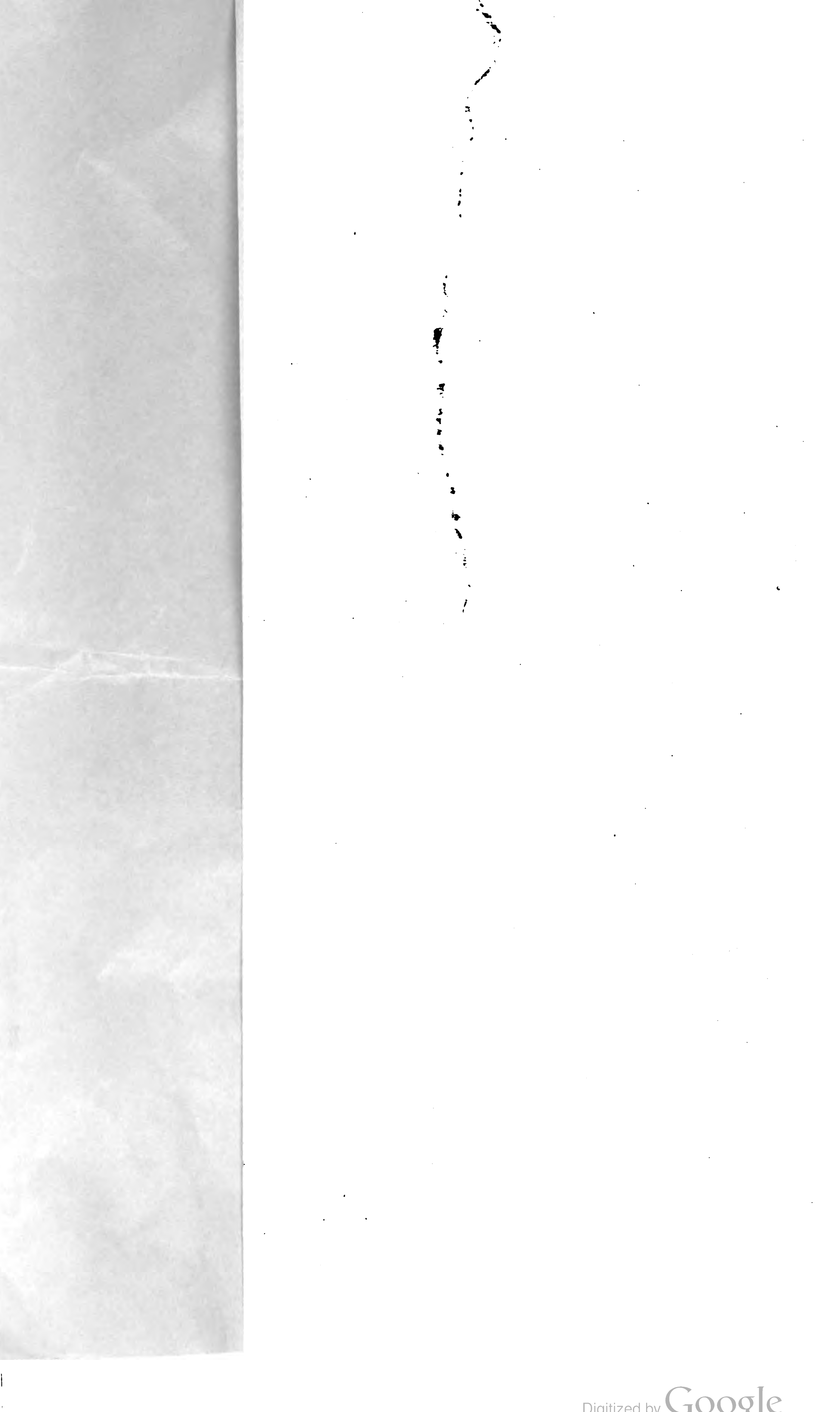
Zur Leipziger Frühjahrsmesse 1941

62. Jahrgang • Heft 9 27. Februar 1941

Inhalt:

Firmen-Verzeichnis

zu den in diesem Heft enthaltenen Anzeigen



Elektrotechnische Zeitschrift
(Zentralblatt für Elektrotechnik)
Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894
Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.
Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9
62. Jahrgang | Berlin, 27. Februar 1941 | Heft 9

Krieg und Technik

Von Wilhelm Lühr, Berlin

Der Krieg ist der Vater aller Dinge — diese vor Jahrtausenden von Heraklit geprägte Sentenz ist bis zum heutigen Tage lebendig geblieben. Der Krieg, seine Vorbereitung, sein Ablauf und seine Liquidation haben durch die Jahrtausende tiefgreifend die Entwicklung der Menschengeschichte beeinflußt, die durch ihn bedingte Aufgabenstellung Kultur und Technik form- und richtunggebend befruchtet. Denken wir hierbei an die stürmische Entwicklung der Luftfahrttechnik seit dem Beginn des Weltkrieges bis heute, an diese im Ablauf weniger Jahrzehnte von den ersten Anfängen bis zu gewaltigen Höchstleistungen geschaffene Großwaffe des modernen Krieges, deren fortschreitende Vervollkommnung andere Disziplinen der Technik in den Bannkreis ihrer stürmischen Entwicklung zog und auch diese immer wieder vor neue Aufgaben stellte. Um bei diesem Bild zu bleiben, sahen wir, wie mit den Fortschritten im Flugzeugzellenbau die Konstruktion geeigneter Flugmotoren mitgehen mußte, wie aus dem Postulat der Aufrüstung der Luftwaffe ein ungeheurer Impuls für die Motorentechniker ausging, Bestleistungen zu schaffen und die in der Zeit des Niederganges nach dem Weltkriege an die Feindstaaten abgegebene Führung im Motorenbau zurückzuerobern und weiter auszubauen. Der Kampf im Westen gibt den Beweis für die Richtigkeit dieser These.

Das vom Zellen- und Flugmotorenbau eingeschlagene Tempo zog auch die „Technik der Armierung" mit sich, auch hier türmten sich Aufgaben auf Aufgaben. Und wenn heute der Einsatz unserer Luftwaffe „programmgemäß" in Großformationen erfolgt, so verdanken wir den Erfolg dieser Maßnahmen nicht zumindest der planvollen Durchbildung der Navigationsgeräte aus dem großen Bereich der Schwachstromtechnik. Auch diese ist ein Produkt genialer Forschungsergebnisse der letzten Jahrzehnte, ein Erfolg hochwertigster Geistesarbeit, die durch die Aufrüstung und den Ablauf dieses Krieges eine Unsumme von Anregungen erhielt. In die gleiche Sparte ragen die Navigations- und Nachrichtengeräte der Marine und des Heeres hinein, ohne die das stürmische Abrollen des großen militärischen Geschehens im Westen im vergangenen Jahre undenkbar gewesen wäre.

Wenn die Feindstaaten in der Zeit unseres Niederganges nach dem Weltkriege sich brüsten konnten, unter Ausnutzung unserer Ohnmacht und dank ihrer Reichtümer den Stand unserer technischen Entwicklung durch Aufwand erheblicher Mittel auf verschiedenen Gebieten überflügelt zu haben, so können wir heute mit Stolz feststellen, daß die geschlossene Kraftentfaltung unseres Volkes seit 1933 auch auf dem Gebiete der Technik Wunder vollbracht hat und Erfolge zeitigen konnte, die noch vor zehn Jahren die Welt für unmöglich gehalten hätte. Der Versailler Vertrag, getragen von einem Geiste, der „das Schlechte wollte und das Gute schaffte", hat unserem Volk ein zwar grausames, aber um so eindeutigeres Beweismaterial geliefert, daß die gesicherte Freiheit eines Volkes, seine politische und wirtschaftliche Geltung nur auf seiner eigenen Kraft und Machtposition fundiert sein kann.

Hieraus ergaben sich auch die der Technik in den letzten acht Jahren gestellten Aufgaben, und der Ablauf ihrer Erfüllung atmete die gleiche Schwungkraft, mit der das deutsche Volk auf allen Gebieten seines völkischen Lebens vorwärtsschritt.

Wenn es Kritiker gab, die in den militärischen Aufgabenstellungen der letzten Jahre eine allzu große Schädigung des Zivilgeschäftes sahen, so glaube ich, dürften auch diese inzwischen begriffen haben, daß die staatliche Lenkung der Produktion und Forschung Mittel und Möglichkeiten erschloß, deren Einsatz — privatwirtschaftlich gesehen — niemals möglich gewesen wäre, und deren Erfolge letzten Endes dem späteren Zivilgeschäft wieder zugute kommen werden.

Genau so wie diese Entwicklung in der Schwachstromsparte, der Hochfrequenztechnik mit dem Kurzwellen- und Ultrakurzwellengebiet neue Erkenntnisse erschloß, die zunächst dem Kriegsprogramm dienen und dort ihre Bewährungsprobe unter den rauhesten Dingen der Praxis erhalten, fließen auch den Konstruktionsbüros der Starkstromtechnik aus der Kriegswirtschaft fortgesetzt immer wieder neue Impulse zu. Hier denke ich besonders an die Verwendung der neuen Werkstoffe, die unseren Konstrukteuren neue Aufgaben stellen, um mit fortschreitender Anwendung selbst wieder neue Gebiete zu erschließen.

Auch hier hat die Notzeit aus der Not eine Tugend machen helfen, indem wir lernten, nicht nur mit den vorhandenen Rohstoffen hauszuhalten, sondern auch neue Wege einzuschlagen und dank der Erfolge unserer Forschung konstruktive Meisterleistungen zu vollbringen.

Wenn man vorwärtsschauend eine Prognose für die kommende Friedenszeit aufstellen will, so können wir zweifelsohne aus dem technischen Potential der Jetztzeit und dem im Kriege gewonnenen Erfahrungsschatz außerordentlich große Entwicklungsmöglichkeiten für das spätere Friedensgeschäft ableiten. Dann werden sich viele der in unserer Wirtschaft vorgenommenen Investitionen, ursprünglich für Aufrüstung und Krieg gedacht, nutzbringend für die industriellen Fertigungsprogramme und die Absatzmöglichkeiten im In- und Ausland auswirken. Deutschland hat heute schon ein Industriepotential, wie es in der ihm eigenen geschlossenen Form wohl kein Volk der Erde besitzt. Hinzu kommt die vom Führer geschaffene einheitliche Ausrichtung und Zielsetzung unseres Volkes als die besten Garanten für die Einsatzfreudigkeit der in unserer Wirtschaft arbeitenden Kräfte. Die hieraus resultierende Schwungkraft wird sich dann auch später auf die Friedensproduktion verlagern. Der in der Vorkriegs- und in der Kriegszeit herangebildete Stab von Facharbeitern stellt ein so ungeheuer wertvolles Reservoir von Könnern dar, die nach der Entlastung von dem durch die Aufrüstung diktierten Termindruck sich voll in deutscher Qualitätsarbeit entfalten werden.

In diesen Entwicklungstendenzen erkennen wir auch eine Ausweitung der Aufgaben des VDE, sein Vorschriftenwerk ihnen anzupassen und jetzt schon eine entsprechende Ausrichtung der kommenden Ausschußarbeiten vorzubereiten. Der bewährte Aufbau des Vorschriftenwesens des VDE gibt Gewähr, daß dieses auch in der Zukunft stets Schritt mit der technischen Entwicklung halten kann, vorbildlich dadurch, daß es durch gemeinsame Arbeit der Hersteller, der Verbraucher, der Behörden, der Berufsgenossenschaften und Feuerversicherungsgesellschaften — in eigener Verantwortung und unbeeinflußt von gesetzlicher Einwirkung — sich entwickeln konnte, jeweils aus den Erkenntnissen und Erfahrungen der ersten Fachleute immer wieder zeitgemäße Ergänzungen und Abänderungen erfuhr und so den Anspruch mit Recht erheben durfte, immer dem modernsten Stand der Technik angepaßt zu sein. Diese Entwicklung ist ein Musterbeispiel dafür, daß die Selbstdisziplin schaffender Ingenieure, getragen von hoher Verantwortung für das Volksganze, dem Staat — vom Standpunkt der ihm zufallenden Aufgabe einer übergeordneten Lenkung aus — ein aktiveres und vorbildlicheres Instrument gewährleistet, als es eine allzu starre Reglementierung oder einengende staatliche Gesetzgebung jemals schaffen könnte.

Der VDE kann mit Genugtuung feststellen, daß er bei den Behörden stets volles Verständnis für diese von ihm eingenommene Haltung gefunden hat und seine Organe in bester Harmonie mit den Vertretern der übrigen an seinem Vorschriftenwerk interessierten Stellen zusammengearbeitet haben.

Die Neuordnung Europas nach dem Kriege dürfte auch im Vorschriftenwesen auf unserem Kontinent manche Vereinfachungen und Erleichterungen für Hersteller und Verbraucher bringen, wobei mit Befriedigung festgestellt werden muß, daß schon seit vielen Jahren das Vorschriftenwerk des VDE weit über Deutschlands Grenzen hinaus sich seine Geltung erobern konnte.

Wie sich bereits im Weltkriege die Forderung nach einem Ausbau der Normung mehr und mehr verdichtete und dann im Jahre 1917 zur Gründung des Deutschen Normen-Ausschusses unter maßgeblicher Mitwirkung des VDE geführt hatte, so ließen auch das Rüstungsprogramm vor dem jetzigen Kriege und die erhebliche Ausweitung dieses Programmes im Laufe der letzten Zeit die außerordentliche Bedeutung der Normung für die Leistungssteigerung noch schärfer hervortreten. Dem VDE sind hierbei als dem Träger der Normung in der Elektrotechnik besonders verantwortliche Aufgaben gestellt, die mit der wachsenden Bedeutung und Anerkennung des deutschen Normenwerkes im In- und Ausland an Größe zunehmen. Es ist kein Zufall, daß der VDE die Führerstellung in der elektrotechnischen Normung einnimmt, hat er doch bereits in seinem Gründungsjahr 1893 mit der Aufstellung von Bestimmungen in Form von Vorschriften, Regeln und Leitsätzen auch den Entwurf von Normen in Angriff genommen, die sich z. B. auf Kupfer, Kontaktgrößen, Schrauben u. dgl. bezogen. Erst später erfolgte dann die Aufstellung von Sicherheitsvorschriften für die Errichtung und den Betrieb elektrischer Bahnen, Freileitungen, Bergwerke usw., denen dann die Regeln für den Bau elektrischer Geräte, Maschinen, Transformatoren, Schaltgeräte und Installationsmaterial folgten. Auch für das Gebiet der Normung muß jedoch dasselbe wie auch für das Vorschriftenwesen immer wieder unterstrichen werden, daß die für die technische Entwicklung so dringend notwendige Lebenswärme und Anpassungsmöglichkeit an das Tempo der Zeit nur durch die Gemeinschaftsarbeit aller daran beteiligten Kreise — Erzeuger, Verbraucher, Behörden und Wissenschaftler — gewährleistet werden können.

So haben sich aus den Aufgaben des Krieges für die Technik und ihre Ingenieure eine Unsumme neuer Probleme ergeben, die den ehernen Rhythmus unseres Zeitgeschehens widerspiegeln und uns mit Stolz auf die Größe und Weite unserer Ingenieuraufgaben blicken lassen.

Auch die diesjährige Leipziger Messe wird einen Querschnitt durch die moderne Entwicklung der deutschen Technik geben, wobei naturgemäß zur Zeit die Kriegsnotwendigkeiten eine gewisse Beschränkung in der Auswahl der Ausstellungsobjekte auferlegen. Das Ausland wird aber schon an der bestehenden Schau erkennen können, wie ungeheuer rührig die deutsche Industrie ist und wie die in den vorstehenden Ausführungen gekennzeichnete These auch darin ihre Bestätigung findet, daß der jetzige Krieg der deutschen Industrie einen ungeheuren Aufschwung beschert hat und sie in die Lage versetzt, der späteren Friedenswirtschaft mit einem Schatz neuer Erfahrungen und Erkenntnisse dienen zu können.

Der Turbinen-Frequenzregler an Stelle des Fliehkraftreglers für Wasserkraftmaschinen

Von Hans Happoldt VDE, Mannheim

DK 621.316.71

Fliehkraftregler zur Konstanthaltung der Drehzahl bzw. Frequenz von Kraftmaschinen zum Antrieb von Generatoren haben eine große Vollkommenheit erlangt. Sie weisen eine hohe Empfindlichkeit auf. Gewöhnlich wirkt das Fliehkraftpendel auf Steuerschieber, die das Hauptventil steuern. Dieses regelt den Druckölzufluß zum Öldruckhilfsmotor, durch dessen Kolbenbewegung der Leitapparat für die Turbine verstellt wird. Um eine Stabilität im Parallelbetrieb sicherzustellen, weisen die mechanischen Fliehkraftregler Einrichtungen für einen gewöhnlichen bis auf 5 % einstellbaren Ungleichförmigkeitsgrad (Statik) auf. Durch Zusatzeinrichtungen ist es auch möglich, die für frequenzführende Generatoren erforderliche Isodromregelung (astatische Regelung) herbeizuführen. Bei unmittelbarem Antrieb des Fliehkraftreglers von der Maschinenwelle aus steuert der Regler bei beliebigen Betriebszuständen die Maschine stets im richtigen Sinn.

Wenn in den letzten Jahren vielfach der unmittelbare Antrieb des Fliehkraftreglers aufgegeben wurde, so war dies bei Wasserturbinen darauf zurückzuführen, daß der Anbau dieser Regler nicht leicht durchzuführen war. Gewöhnlich wird der Fliehkraftregler über ein Kegelradgetriebe, auf dem eine Riemenscheibe sitzt, von der Hauptwelle durch Riemenübertragung oder starre Übertragungsglieder angetrieben. Dieses Getriebe verursacht leicht lästige Zahngeräusche. Der Riemenantrieb, den man im Elektromaschinenbau nach Möglichkeit zu vermeiden sucht, erfordert eine Sicherung bei Riemenbruch, wodurch die Turbine auf „Schließen" gesteuert wird. Insbesondere bei lotrechter Bauart der Turbinen ist der Riemenantrieb des Fliehkraftreglers mit waagerechter Welle ungünstig. Bei Turbinen für Unterwasserkraftwerke ist stets ein mittelbarer Antrieb des Fliehkraftreglers erforderlich.

Der elektrische Antrieb des Fliehkraftreglers

Durch den elektrischen Antrieb des Fliehkraftreglers wurden die Schwierigkeiten der unmittelbaren Übertragung von der Maschinenwelle aus vermieden. Diese Loslösung schuf jedoch die Forderung, den elektrischen Antrieb so zu gestalten, daß bei beliebigen Betriebszuständen die Drehzahl des Fliehkraftreglers genau der Turbinendrehzahl entspricht. Ein getreues Abbild der Drehzahl von Turbinen, die Synchrongeneratoren antreiben, bietet im Einzel- und Parallelbetrieb die Frequenz des Generators. Diese Antriebsmotoren für den Fliehkraftregler werden daher gewöhnlich über Transformatoren an die Generatorspannung angeschlossen und als Synchronmotoren, Reaktionsmotoren oder Asynchronmotoren mit sehr kleinem Schlupf ausgeführt. Der Nachteil dieser Antriebsart liegt darin, daß diese Motoren, selbst wenn sie reichlich bemessen werden, nur innerhalb eines beschränkten Spannungsbereiches das erforderliche Moment abgeben können. Sie müssen bei niedriger Spannung anlaufen, damit beim Hochfahren der Turbine rechtzeitig der Fliehkraftregler eingreifen kann, um ein Hochlaufen über die Nenndrehzahl zu vermeiden. Das Kippmoment muß möglichst hoch sein, damit der Antrieb bei durch Kurzschlüsse herabgesetzter Spannung nicht versagt. Entsprechend der Durchgangsdrehzahl von Wasserturbinen müssen diese Motoren mehr als der doppelten Drehzahl gewachsen sein, wobei bei Regelung auf konstante Generatorspannung eine Schwächung des Flusses des Motors stattfindet, so daß das Moment stark herabgesetzt wird. Ähnlich wie bei Riemenantrieb muß bei einer Spannung, bei der der Motor zum Antrieb des Fliehkraftreglers das erforderliche Moment nicht mehr abgeben kann, durch eine Sicherheitsvorrichtung, z. B. einen Minimal-Spannungsmagnet, ein Schließen der Turbine eingeleitet werden.

Größere Wasserkraftgeneratoren werden manchmal mit Haupt- und Hilfserreger ausgeführt, wobei der Hilfserreger mit konstanter Spannung gespeist wird. Hier ist es von Vorteil, die im Anker des Hilfserregers erzeugte Wechselspannung über drei Schleifringe abzunehmen und mit dieser Drehstromspannung den Motor zu speisen; dadurch ist ein einwandfreies Arbeiten unabhängig von Kurzschlüssen im Netz sichergestellt.

Eine Unabhängigkeit von Störungen im Netz kann auch dadurch erzielt werden, daß ein besonderer kleiner Generator, angetrieben von der Hauptwelle, zum Speisen des Motors verwandt wird. Um die Erregermaschine für den Hilfsgenerator zu vermeiden, werden diese Generatoren oft mit permanenten Magneten ausgeführt. Die Ausführung dieses Generators für die Drehzahl der Hauptmaschine erfordert bei Wasserturbinen vielpolige Generatoren, so daß man sich genötigt sieht, bei sehr langsam laufenden Maschinen eine Übersetzung zwischenzuschalten. Bei dieser Anordnung wird der Vorteil des mittelbaren Antriebes des Fliehkraftreglers durch den Antrieb des Hilfsgenerators von der Hauptwelle aus zum Teil wieder aufgegeben.

Der Turbinen-Frequenzregler

Ein bedeutender Fortschritt in der Entwicklung der Drehzahlregler ergab sich durch die Einführung des Turbinen-Frequenzreglers. Dieser Regler ist aus den Bauteilen des bewährten BBC-Schnellreglers aufgebaut. Wie

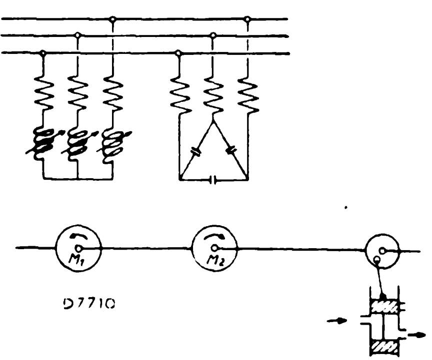


Bild 1. Frequenzregler.

aus Bild 1 zu ersehen ist, besteht der Regler aus zwei Drehsystemen, die auf miteinander gekuppelte Drehtrommeln ein Moment ausüben. Dieses Moment wirkt über einen Exzenter oder Drehschieber unmittelbar auf die Steuerung der Turbine. Die Systeme sind so an die Generatorspannung angeschlossen, daß ihre Momente entgegengesetzt gerichtet sind. Dem einen Drehsystem ist eine regelbare Drosselspule, dem anderen sind Konden-

satoren vorgeschaltet. Drossel und Kondensatoren sind so bemessen, daß der auf sie entfallende Spannungsanteil den auf die Wicklungen der Drehsysteme entfallenden Anteil stark überwiegt, so daß das eine Drehsystem praktisch rein induktiv, das andere praktisch rein kapazitiv ist. Das erzeugte Moment ist abhängig vom Quadrat der Ströme, die in den Systemen fließen. Der Strom des induktiven Systems ist gegeben durch die Beziehung:

$$I = \frac{U}{2\pi f L},$$

der des kapazitiven Systems ist gegeben durch die Beziehung:

$$I = 2\pi f C U.$$

Da die Momente einander entgegenwirken, ist das resultierende Moment von der vierten Potenz der Frequenz abhängig, entsprechend ist die Änderung des Momentes mit der Frequenz $dM/d\omega$ eine Funktion der dritten Potenz der Frequenz.

Hier zeigt sich sofort die Überlegenheit gegenüber dem Fliehkraftregler, dessen Moment proportional dem Quadrat der Winkelgeschwindigkeit und dementsprechend die Änderung $dM/d\omega$ nur linear von der Winkelgeschwindigkeit bzw. der Frequenz abhängig ist. Die Unempfindlichkeit des Turbinen-Frequenzreglers beträgt nur 0,03 %. Drossel und Kondensator sind so aufeinander abgestimmt, daß bei der Sollfrequenz von 50 Hz die Momente sich aufheben. Die Abhängigkeit des Drehmomentes von der Frequenz geht aus Bild 2 hervor. Man erkennt deutlich die große Momentänderung bei Abweichung von der Sollfrequenz innerhalb des in Betracht kommenden Arbeitsbereiches. Der Sollwert für die Frequenz läßt sich durch Änderung der Induktivität einstellen.

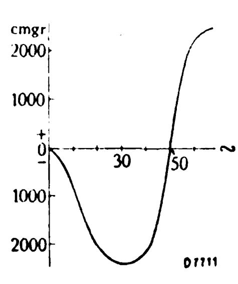
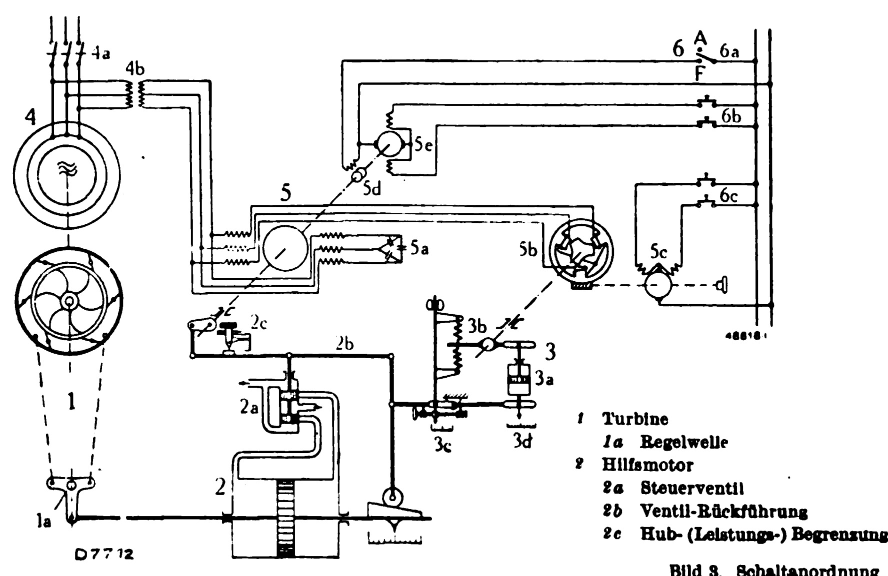


Bild 2. Drehmomentverlauf in Abhängigkeit der Frequenz.

Ein weiterer Vorteil dieser Einrichtung besteht darin, daß die Loslösung von dem unmittelbaren Antrieb durch die Turbinenwelle nicht wie beim motorischen Antrieb des Fliehkraftreglers durch ein Arbeiten innerhalb eines beschränkten Spannungsbereiches erkauft wird; beim Turbinen-Frequenzregler wird eine derart weitgehende Unabhängigkeit von der Spannung erreicht, daß sowohl bei Kurzschlüssen als auch beim Anfahren jeweils noch ein genügend hohes Moment zur Verfügung steht. Bei einphasigen Kurzschlüssen genügt eine sehr kleine Spannung, um die Regelfähigkeit aufrecht zu erhalten. Bei dreiphasigen Kurzschlüssen wird bei Spannungszusammenbruch bis auf 8 % die Frequenz noch mit einer Genauigkeit von 3 % geregelt. Man sorgt natürlich auch hier noch dafür, daß, wenn die Spannung vollständig fortfällt, die Turbine auf „Schließen" gesteuert wird. Hierfür wird jedoch kein besonderes spannungsabhängiges Glied benötigt, sondern es genügt ein Gewicht, das ein in Schließrichtung wirkendes Zusatzmoment auf die Reglerwelle ausübt und das nur so groß bemessen werden muß, daß es imstande ist, das Vorsteuerventil zu schließen.

Bild 3 zeigt die vollständige Steuereinrichtung für Wasserturbinen. Der Frequenzregler *5* wird über zwei Einphasen-Spannungswandler von der Generatorspannung gespeist. Das Moment des Frequenzreglers wirkt unmittelbar auf das Steuerventil des Öldruckhilfsmotors für die Verstellung des Leitapparates der Turbine. Dem einen Drehsystem sind die Kondensatoren *5 a*, dem anderen ist eine Drossel mit drehbarem Anker vorgeschaltet. Der Drosselanker ist elastisch mit dem Regelgestänge einerseits über die Öldämpfung *3 a* und anderseits über die Rückführfedern *3 b* gekuppelt. Es sei zunächst angenommen, die Verbindung des Drosselankers mit dem Regelgestänge sei nicht elastisch, sondern starr. In diesem Falle ist der ausgeregelte Zustand abhängig von der Entfernung des Angriffspunktes *3 c* der Rückführung von deren Festpunkt. Befindet sich der Angriffspunkt in der rechten Endlage, wird bei einem Regelvorgang der Anker der Drossel nicht verstellt. Bei jedem beliebigen Belastungszustand wird das Gleichgewicht erreicht, wenn die Ströme in den beiden Drehsystemen mit unveränderlichen induktiven bzw. kapazitiven Widerständen einander gleich sind, d. h. bei jeder Last wird auf genau gleiche Frequenz geregelt. Die Regelung ist astatisch, d. h. sie wirkt als Isodromregelung. Wird der Angriffspunkt der Rückführung nach links verschoben, so wird die Stellung des Ankers der Drosselspule abhängig von der Stellung des Leitapparates. Infolge der Verdrehung des Ankers wird die Induktivität der Drossel und damit deren Stromaufnahme geändert, so daß bei einer anderen Frequenz der Gleichgewichtszustand erreicht wird. Der Regler läßt bei Last die Drehzahl abfallen. Die Regelung wird statisch. Die Größe des Drehzahlabfalles wird gewöhnlich durch den Ungleichförmigkeitsgrad ausgedrückt. Dieser Ungleichförmigkeitsgrad oder die dauernde Statik ist zwischen Null und 8 % einstellbar.

Beachtet man nun, daß die Verbindung des Drosselankers mit dem Regelgestänge nicht starr, sondern elastisch ist, so verläuft der Regelvorgang wie folgt: Die



1 Turbine
1a Regelwelle
2 Hilfsmotor
2a Steuerventil
2b Ventil-Rückführung
2c Hub- (Leistungs-) Begrenzung
3 Isodrom-Rückführung
3a Öldämpfung
3b Rückführung
3c Einstellung der bleibenden Statik
3d Einstellung der vorübergehenden Statik
4 Generator
4a Hauptschalter
4b Spannungswandler
5 Primärregler
5a Kondensator
5b Drehdrossel
5c Drehzahl-(Leistungs-) Verstellmotor
5d Elektromagnetische Kupplung
5e Fernsteuerungsmotor
6 Fernsteuerung
6a Umschalter
A automatisch
F Fernsteuerung
6b direkte Fernsteuerung
6c Drehzahlverstellung

Bild 3. Schaltanordnung des Turbinen-Frequenzreglers

Maschine werde abgeschaltet, wodurch die Drehzahl steigt. Die Abweichung der Sollfrequenz ruft ein kräftiges Moment auf die Drehtrommel des Frequenzreglers hervor, wodurch das Regelgestänge in Richtung „Schließen" verstellt wird. Bei rascher Bewegung des Gestänges tritt kein Öldurchlaß in der Dämpfung ein, diese wirkt daher im ersten Moment als starres Übertragungsglied. Entsprechend der größeren Entfernung der Dämpfungseinrichtung vom Festpunkt wird der Drosselanker stärker verstellt als bei der vorhin betrachteten statischen Regelung ohne Dämpfung. Für den Frequenzregler wird dadurch der einzuregelnde Sollwert höher gelegt, wodurch frühzeitig die Regelung im schließenden Sinne beendet wird.

Hierdurch wird das Maß der Überregelung, die, bis sich die Verstellung des Leitapparates auswirkt, ohne diese Einrichtung zu stark würde, beherrscht. Diese Erhöhung der Statik ist nur vorübergehend. Bei der Verdrehung des Ankers werden die Rückführfedern gespannt, wodurch der Dämpfungskolben allmählich nachkommt, so daß diese vorübergehende Statik wieder aufgehoben wird und schließlich die Frequenz, auf die geregelt wird, nur noch durch die Einstellung der bleibenden Statik *3c* bestimmt ist. Die vorübergehende Statik ist in den Grenzen von Null bis etwa 20 % einstellbar.

Um die astatische oder statische Drehzahlkennlinie parallel zu verschieben bzw. um die Leerlaufdrehzahl einzustellen, wird der Ständer der Drossel durch Einschalten des Fernsteuermotors *5c* über die Druckknöpfe *6c* verdreht.

Bild 4 zeigt einen Frequenzregler, unmittelbar auf dem Steuerwerk einer Kaplanturbine aufgebaut, mit vollständig geschlossenem Magnetsystem. Der Turbinenregler wurde in seiner bisherigen Form beibehalten, lediglich das Fliehkraftpendel wurde durch den Frequenzregler ersetzt, dessen Exzenter auf das Gestänge des Reglers wirkt.

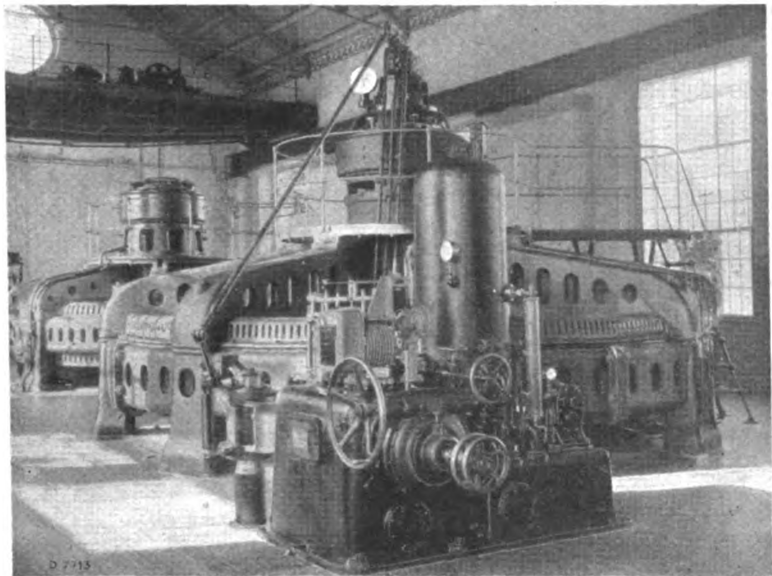


Bild 4. Turbinenregler mit aufgebautem Frequenzregler für die Steuerung einer Kaplanturbine.

Bei Dampfturbinen bestehen keine Schwierigkeiten bezüglich des Anbaues des Fliehkraftreglers. Jedoch geht man auch hier allmählich dazu über, den Fliehkraftregler durch den Turbinen-Frequenzregler zu ersetzen, um die im Verbundbetrieb gestellten Regelaufgaben zu erfüllen. Beim Zusammenarbeiten eines Frequenzreglers mit einem Leistungsregler ist es möglich, die Unregelmäßigkeiten von Drehzahl-Leistungskennlinien, die bei nur drehzahlabhängiger Regelung entstehen, auszugleichen, wodurch die Leistungsverteilung bei jeder Frequenz genau bestimmt ist. Auch kann man bei einer derartigen Regeleinrichtung während des Betriebs die Neigung der Drehzahl-Leistungskennlinie ändern.

Verstärker für Thermogleichspannungen

Von Erich Handrick VDE, Berlin

DK 621.394.645.3

Bei der Untersuchung und Messung von Wärmeschwingungen mittels Thermoelementen[1]) entsteht die Forderung nach einem Anzeigegerät, das die raschen Temperaturschwankungen und deren Verlauf darstellt. Das geeignetste Gerät hierfür ist die Elektronenstrahlröhre, die in Form vollständiger Oszillographengeräte infolge ihrer vielseitigen Anwendbarkeit, Betriebssicherheit und Unempfindlichkeit gegen Überlastungen in großer Zahl Eingang in Betriebs- und Forschungsstätten gefunden hat. Hindernd steht für die Messung kleiner Gleichspannungen nur ihre geringe Spannungsempfindlichkeit im Wege. Eine Elektronenstrahlröhre normaler Bauart braucht eine Spannungsänderung von etwa 4 V, um einen Ausschlag von 1 mm zu erzeugen. Die Thermoelemente für Wärmeschwingungsmessung ergeben aber eine Spannung von nur etwa 10 mV. Außerdem kann die Grundschwingung des Vorganges wesentlich kleiner als 5 Hz sein bzw. es tritt ein Gleichstromanteil auf, dessen Messung nicht vernachlässigt werden darf. Man benötigt somit wegen des Gleichspannungsanteils der Meßspannung den direkt gekoppelten Gleichspannungsverstärker. Zur näheren Kennzeichnung dieser Verstärkerart soll zunächst zum Unterschied dazu auf den Wechselspannungsverstärker eingegangen werden.

Wechselspannungsverstärker

Der im Bild 1 im grundsätzlichen Schaltplan gezeigte zweistufige Verstärker arbeitet folgendermaßen. Die zu verstärkende Wechselspannung wird über einen Kondensator Cg_1 auf das Gitter einer Verstärkerröhre V_1 gegeben, im Anodenkreis entsteht an Ra_1 eine um den Verstärkungsgrad der Röhre vergrößerte Wechselspannung. Die Kurvenform der Wechselspannung am Ausgang ist gleich der am Eingang, wenn die Kennlinie längs des ausgesteuerten Teils gradlinig ist. Dieser Vorgang ist in

[1]) Pfriem, Messung schnell veränderlicher Wandtemperaturen im Motorenbau. Arch. techn. Messen V 2167—1 (1940). Kühne, Messung von Kolbentemperaturen in schnellaufenden Verbrennungsmotoren. Arch. techn. Messen V 8234—2 (1941).



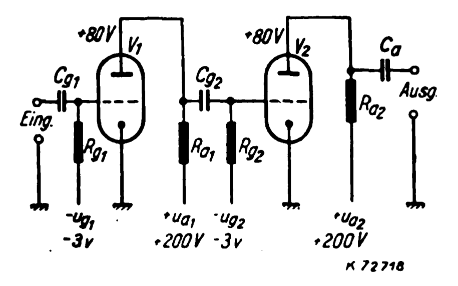


Bild 1. Grundschaltung eines Wechselstrom. verstärkers. Kennzeichnend ist der Kondensator Cg_2, der die gleichspannungsmäßige Trennung der ersten von der zweiten Stufe vornimmt.

Bild 2 nochmals dargestellt. Es ist hierbei der Anodenstrom *Ia* in Abhängigkeit von der Anodenspannung *Ua* aufgetragen; die dritte Veränderliche ist die Gitterspannung *Ug*. Die Neigung der Geraden *Ra* im Kennlinienfeld stellt die Größe des Außenwiderstandes dar. Längs dieser Geraden erfolgt die Aussteuerung der Röhre durch die Eingangswechselspannung 𝔈*g*.

Die Projektion der Strecke *a*—*b* um den Arbeitspunkt *A* auf die Abzisse *Ua* ergibt die Anodenwechselspannung 𝔈*a*. Die Projektion auf die Ordinate ist die Stromaussteuerung ΔIa. Ändert sich die Speisespannung Ua_1 bzw. Ua_2 langsam um einen geringen Betrag, so verschiebt sich die Arbeitsgerade *Ra* parallel zu ihrer ursprünglichen Lage. Dieses bedeutet jedoch, wie man leicht erkennen kann, nur eine Veränderung des Arbeitspunktes, die Verstärkung bleibt praktisch gleich. Infolge der Kopplungskapazitäten überträgt sich diese Arbeitspunktverlagerung, die einen langsam veränderlichen Gleichspannungsverlauf darstellt, nicht auf die nachgeschaltete Stufe bzw. das am Ausgang angeschlossene Anzeigegerät. Für die zweite Stufe des in Bild 1 dargestellten Gerätes gilt der gleiche Verlauf der Vorgänge wie für die erste Stufe.

Gleichspannungsverstärker

Aufgabe des Gleichspannungsverstärkers ist es, kleine Gleichspannungen und auch Wechselspannungen und deren Verläufe so zu verstärken, daß sie mit Kathodenstrahloszillographen, Schleifenoszillographen, Meßinstrumenten und schreibenden Geräten gemessen werden können[2] [3]). Solange ein solcher Gleichspannungsverstärker nur einstufig zu sein braucht, unterscheidet er sich nicht

[2]) J. C. Madsen, Z. Phys. 101 (1936) S. 68.
[3]) R. Jaeger u. A. Kussmann, Gleichstromverstärkung. Anwendung zu Meßzwecken und Grenzen. Phys. Z. 28 (1927) S. 645.

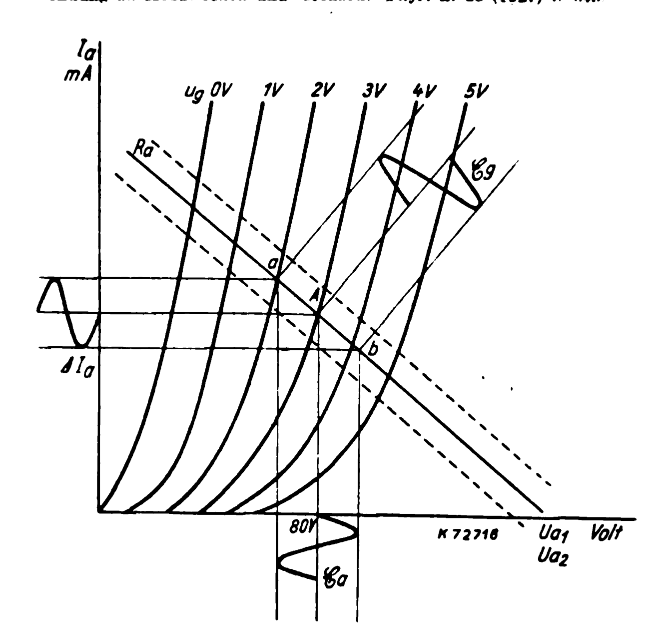


Bild 2. U_a-I_a-Diagramm einer Verstärkerröhre. Die zu R_a parallel laufenden punktierten Linien stellen die Verlagerung der Arbeitsgeraden bei schwankender Speisespannung dar.

wesentlich von dem Wechselspannungsverstärker. Je höher aber die erforderliche Verstärkung sein muß, bzw. je kleiner die zu messende Eingangsspannung ist, um so schwieriger ist die Aufgabe, einen solchen Verstärker herzustellen. Aus Bild 1 geht hervor, daß die Spannung zwischen Erde und Gitter infolge Stromlosigkeit des Widerstandes *Rg* gleich der angelegten Spannung von z. B. 3 V ist; zwischen Erde und Anode haben wir in diesem Fall + 80 V. Bei einem Wechselspannungsverstärker macht die Zusammenschaltung der Anode der ersten Röhre mit dem Steuergitter der zweiten Röhre keine Schwierigkeit, da man den Gleichstrom blockierenden Kondensator Cg_2 zwischenschaltet. Bei einem Gleichspannungsverstärker ist aber eine der Hauptforderungen, daß zwischen Anode der Röhre V_1 und dem Gitter der Röhre V_2 eine galvanische Verbindung bestehen muß. Die erste Schwierigkeit, die somit auftritt, ist die Vermeidung bzw. Unwirksammachung der hohen positiven Spannungen am Gitter der letzten Röhre. Das Bild 3 zeigt einen der mög-

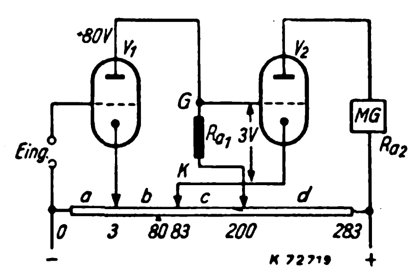


Bild 3. Hauptmerkmal des direkt gekoppelten Gleichspannungsverstärkers ist die direkte Verbindung der Anode der ersten Röhre mit dem Gitter der zweiten Röhre.

lichen Wege. Alle benötigten Spannungen werden einem Spannungsteiler *a*—*d* entnommen, und zwar für die Röhre V_1 an den Punkten 0, 3 und 200 V. Würden die Kathoden der beiden Röhren gemeinsam an 0 liegen, dann erhält das Gitter von V_2 die unzulässig hohe positive Spannung von + 80 V. Nach Art der bekannten Brückenschaltung erreicht man durch Anlegen der zweiten Kathode an den Punkt 80 V, daß zwischen den Punkten *G* und *K* der Spannungsunterschied 0 herrscht. Um die für die Arbeitspunkteinstellung notwendigen 3 V zu erhalten, wählt man für *K* den Spannungspunkt 83 V. Die Anodenspannung von 200 V für V_2 wird an den Punkten 83 bis 283 V abgenommen. Die zu verstärkende Gleich- oder Wechselspannung wird an die Klemmen „Eingang" gelegt, wobei zu beachten ist, daß außer der zu messenden Gleich- oder Wechselspannungsänderung keine zu große Grundgleichspannung vorhanden ist, die je nach Polarität zur Gitterspannung $Ug = 3$ V hinzukommen oder von dieser abgezogen werden muß. Dieses bedeutet in jedem Fall eine Arbeitspunktverlagerung, die so erheblich sein kann, daß entweder bei negativer Spannung die Röhre sperrt, d. h. überhaupt kein Anodenstrom fließt, oder aber bei hoher positiver Spannung ein Gitterstrom fließt, der die Eingangsspannung fälschen kann. Man muß bei hohen Grundgleichspannungen am Gitter eine Kompensation dieses Gleichstromanteils vornehmen, z. B. durch Regelung des in Bild 3 mit 3 V gekennzeichneten Spannungsabgriffes. Die Steuerung der Röhren erfolgt auch beim Gleichspannungsverstärker nach dem in Bild 2 gezeigten Vorgang, jedoch tritt hierbei bereits der Unterschied zum Wechselspannungsverstärker in Erscheinung. Während bei einem durch Kondensatoren gekoppelten Verstärker langsame Speisespannungsschwankungen ohne Einfluß waren, werden bei Gleichspannungsverstärkern die kleinen und langsamen Gitterspannungsänderungen der Eingangsröhre, die durch Änderung der Speisespannung auftreten können, durch alle Stufen mitverstärkt. Das Meßgerät *MG* im Ausgangskreis wird also kleinste Speisespannungsschwankungen genau so aufzeichnen, wie eine an den Eingang gelegte Meßspannung. Es sind somit Stabilisierungsmittel vorzusehen, wie Eisenwasserstoffwiderstände. Glimmstreckenspannungsteiler, magnetische Netzregler

und ähnliches, die dafür sorgen, daß die Betriebsspannungen unabhängig von Schwankungen der Netzspannung und Belastungsschwankungen des Netzgleichrichters bleiben.

Thermospannungsverstärker

Verstärker für Thermospannungs- bzw. Strommessung müssen Gleichspannungsverstärker sein, da, wie bereits erwähnt, auch die Messung des Gleichspannungsanteiles von Wichtigkeit ist, weil er z. B. ein Maß für die mittlere Temperatur sein kann. Außerdem werden viele Vorgänge eine Grundfrequenz von 3 Hz und weniger haben, für die sich stabile Wechselspannungsverstärker nicht bauen lassen. Zusammengefaßt sind die Forderungen an einen Thermospannungsverstärker, der in Verbindung mit einem Kathodenstrahl-Oszillographen arbeiten soll, folgende:

Eingangsspannung höchstens 10 mV, linearer Verstärkungsbereich 0 bis 10 000 Hz oder höher, Ausgangsspannung 200 V, d. h. Verstärkung 20 000fach, Unabhängigkeit der Verstärkung und des Nullpunktes (Arbeitspunkt bei kurzgeschlossenem Eingang) von Netzspannungsschwankungen und nicht zuletzt Betriebssicherheit. Dem zuletzt genannten Punkt kann nur mit netzbetriebenen Geräten entsprochen werden, da Batterieverstärker im praktischen Betrieb keine hinreichende Konstanz bis auf Bruchteile von mV gewährleisten. Bild 4 zeigt das grundsätzliche Schaltbild einer Lösungsmöglichkeit. Es ist ein zweistufiger, genauer genommen ein dreistufiger Gleichspannungsverstärker gewählt worden. Dieses ist einmal erforderlich, um den hohen Verstärkungsgrad zu erreichen und zum anderen einen symmetrischen Ausgang zu erhalten. Letztere Schaltungsmaßnahme ist erforderlich, um bei der Auslenkung des Leuchtfleckes bis zum Rand der Kathodenstrahlröhre ein scharfes Bild zu erhalten. Die Begründung hierfür folgt später. Die Wirkungsweise der Schaltung nach Bild 4 ist in den wesentlichen Punkten durch die Schaltung von Bild 3 erklärt. Hinzu kommt die Röhre V_3 für die symmetrische Aussteuerung. Die Steuerspannung für V_3 wird über den Spannungsteiler R_4, Rg_2 von der Röhre V_2 abgenommen und muß genau so groß sein wie die Steuerspannung der Röhre V_2. Das bedeutet, daß das Verhältnis Rg_2 zu R_4 wie $1 : v$ sein muß, wobei v die Verstärkung der Röhre V_2 ist. Es entstehen dann an den Punkten a und b gegen den Bezugspunkt c Spannungsänderungen, die 180° Phasenverschiebung

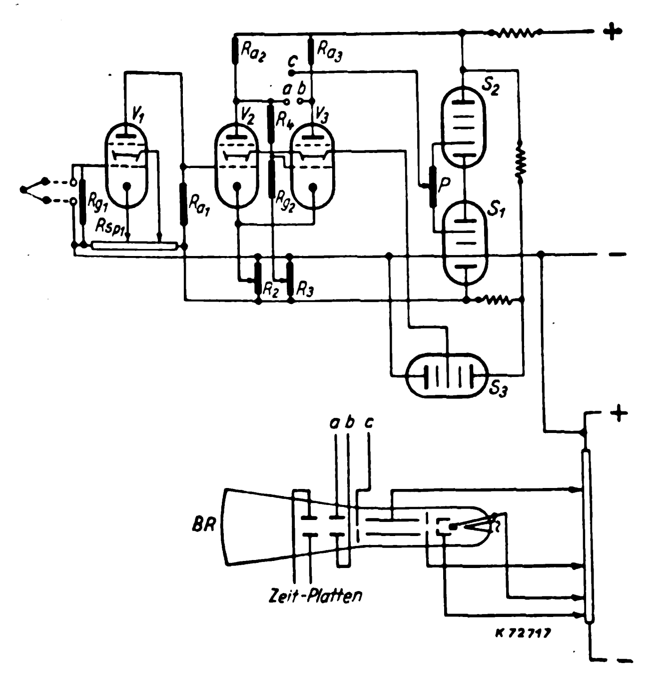


Bild 4. Gesamtgrundschaltbild eines Verstärkers für Thermospannungsmessung mittels Elektronenstrahl-Oszillograph

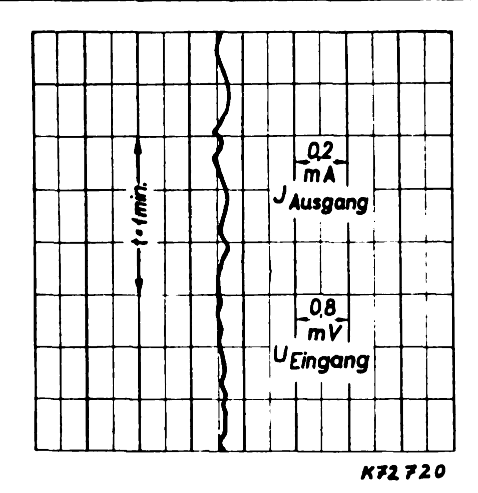


Bild 5. Registrierstreifen eines Tintenschreibers bei Anschluß an einen Gleichspannungsverstärker, der bei ± 5 mV Eingangsspannung einen Strom von ± 1 mA bei 3000 Ω aussteuert. Die geschriebene Linie stellt den Verlauf der Nullpunktsschwankungen dar.

haben. Das Gleichspannungspotential von c wird so gewählt, daß es stets die Potentialdifferenz von a und b halbiert. Die Punkte a und b werden mit den Ablenkplatten der Braunschen Röhre verbunden und die Anode mit Punkt c. Damit sind die Voraussetzungen erfüllt, die notwendig sind, ein scharfes Leuchtschirmbild zu erhalten. Beachtet man diese Maßnahmen nicht, dann entsteht zwischen Anode und Ablenkplatten ein den Strahl verzerrendes elektrisches Feld und das bedeutet einen unscharfen, vergrößerten oder unförmigen Leuchtfleck.

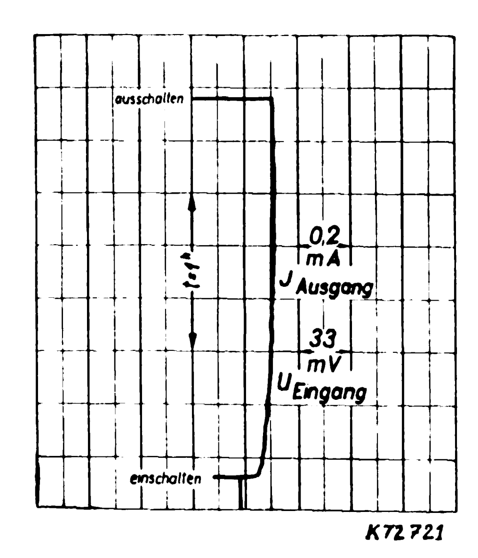


Bild 6. Einschaltkurve und Verlauf des Ausgangsstromes einer Gleichstromverstärker-Endstufe mit einer Empfindlichkeit von 200 mV für 1 mA Stromaussteuerung.

An den Netzgleichrichter des im Beispiel beschriebenen Thermostromverstärker müssen in bezug auf Spannungsbeständigkeit sehr große Anforderungen gestellt werden. Werden z. B. mit 10 mV auf dem Schirm der Kathodenstrahlröhre 50 mm ausgesteuert und ist der Leuchtfleckdurchmesser etwa 0,6 mm, so daß eine Änderung um 1,2 mm schon sehr deutlich sichtbar ist, so wird diese bereits mit einer Eingangsspannungsänderung von 2,4 % = 0,24 mV erzeugt. Es muß nun durch Stabilisatoren erreicht werden, daß bei den praktisch vorkommenden Netzspannungsschwankungen von ± 10 % die Speisespannung und vor allen Dingen die Gitter- und Anodenspannungen der Röhre V_1 gleichbleiben[4]). Die Gitterspannung

[4]) Stabilovolt, Stabilisierte Stromquellen

der Röhre V_1 darf bei 3 V Grundspannung sich nicht mehr als ± 0,24 mV ändern, das sind 0,1 ‰. Diese Gleichmäßigkeit erreicht man nur durch mehrmalige Anwendung von Glimmstreckenspannungsteilern hintereinander und Beachtung der verschiedensten schaltungstechnischen Kunstgriffe. In der Schaltung nach Bild 4 sind S_1, S_2 und S_3 die Glimmstreckenspannungsteiler. *Rsp*, R_2 und R_3 dienen zum Einstellen der richtigen Betriebsspannungen und $R_{a_{1-3}}$ sind die Außenwiderstände (Anodenwiderstände) der Röhren.

Die Betrachtungen galten bisher für den hochohmigen Ausgang, insbesondere für den Kathodenstrahloszillographen. Häufig wird aber die Notwendigkeit bestehen, auch andere Anzeigegeräte zu verwenden, wie z. B. Tintenschreiber, Punktschreiber, Schleifenoszillographen, Meßinstrumente u. ä. Die Schwierigkeiten sind hierbei noch etwas größer, da höhere Ströme ausgesteuert werden müssen. Die Gleichhaltung der Speisespannungen wird dadurch schwieriger bzw. der Aufwand an Schaltmitteln größer.

Welche praktischen Ergebnisse mit betriebsmäßig hergestellten Thermospannungsverstärkern zu erreichen sind, zeigen die Bilder 5 bis 7. Eine Aufnahme mittels Tintenschreiber zeigt das Bild 5. Der Abstand von drei Querlinien entspricht dem Zeitraum einer Minute, zwei

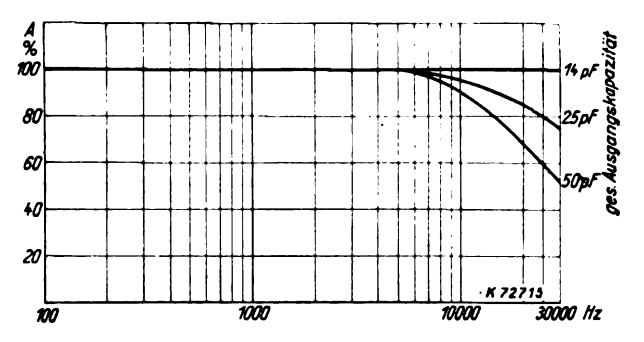


Bild 7. Frequenzgang eines Gleichspannungsverstärkers mit hochohmigem Ausgang für eine Elektronenstrahlröhre bei verschiedenen Ausgangskapazitäten, die durch Art und Länge der Anschlußleitungen gegeben waren. Die Spannung der nicht dargestellten Frequenz 0 (Gleichstrom) liegt mit 100% der Kurve zugrunde.

Längsstriche sind je 0,8 mV. Die Aufnahme entstand so, daß ununterbrochen die Netzspannung von 220 V um ± 20 V, also 40 V geändert wurde. Am Ausgang des Verstärkers zeichnete der Tintenschreiber dann die dargestellte Linie. Bei konstanter Netzspannung würden überhaupt keine Anzeigeänderungen in Erscheinung getreten sein. Der Verstärkereingang war dabei kurz geschlossen. Bei Fortlassung der Vorstufe ergibt sich das Bild 6. Die Empfindlichkeit beträgt hierbei etwa 200 mV für volle Aussteuerung, d. h. der Abstand von zwei Längsstreifen sind etwa 17 mV, während drei Querstreifen etwa in 1 h durchlaufen werden. Hierbei war die Netzspannungsänderung gegeben durch die am Aufnahmeort vorhandene Unruhe des Netzes, die bis zu ± 10 V beträgt. Im übrigen erkennt man aus dem Bild, daß der Verstärker nach halbstündigem Betrieb keine Nullpunktsänderung mehr aufweist. Über den Frequenzgang gibt Bild 7 einen Überblick, dabei ist zu beachten, daß für die nicht dargestellte Frequenz 0 (Gleichspannung) die Ausgangsspannung gleich 100 % war.

Nicht nur die schaltungstechnische Bestimmung der Geräte, sondern auch deren Aufbau und Ausführung ver-



Bild 8. Vorderansicht eines serienmäßigen Thermospannungs-Verstärkers

langen sorgfältigste Arbeit. Es wird leicht verständlich sein, daß z. B. ein in der Belastbarkeit falsch gewählter Anodenwiderstand der Vorröhre oder ein anderer Widerstand sich langsam erwärmt und damit seinen Widerstandswert ändert. Das Ergebnis ist eine Arbeitspunktwanderung. Dabei braucht aber die Belastungsgrenze dieses Widerstandes noch lange nicht erreicht zu sein. Andere Schwierigkeiten können auftreten durch Übergangswiderstände oder Spannungsabfälle an Schaltleitungen.

Thermospannungsverstärker, wie beschrieben, werden serienmäßig von der AEG hergestellt (Bild 8 und 9). Die Möglichkeit, andere Spannungen von wenigen Millivolt mit Frequenzen zwischen 0 und 30 000 Hz zu messen, aufzuschreiben oder sonstwie erkennbar zu machen, besteht durchaus. Die genannten Verstärker mit dem Verstärkungsgrad $v = 20\,000$fach haben infolge einer besonderen Eingangskunstschaltung einen kleinen Gitterstrom, setzen also einen niederohmigen Eingang voraus. Es lassen sich aber auch Verstärker bauen mit Eingangswiderständen bis $2 \cdot 10^6\,\Omega$, deren Verstärkung 10 000fach ist.

Die beschriebene Verstärkerart ermöglicht einen serienmäßigen Bau und ist selbst bei hohen Verstärkungsgraden durch Vollnetzanschluß auch für betriebsmäßige Messungen brauchbar.

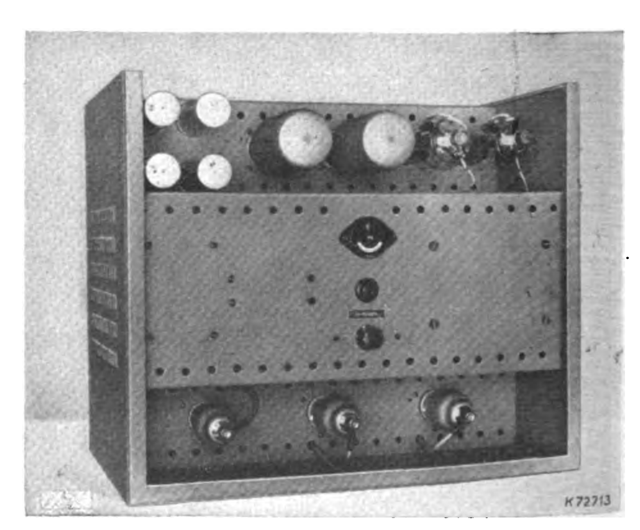


Bild 9. Draufsicht des Verstärkers nach Bild 8

Über ein Fernmeldekabel mit Kunststoffmantel

Von W. Rihl VDE und H. Heering VDE, Berlin

DK 621.315.229

An der Lösung der durch den Vierjahresplan gestellten Aufgabe, soweit wie möglich Devisen erfordernde Auslandsrohstoffe durch Heimstoffe zu ersetzen, hat auch die deutsche Kabeltechnik in erheblichem Maße mitgearbeitet[1—4]). Insbesondere wurden schon frühzeitig Wege gesucht, den Bleimantel der Kabel durch einen möglichst wenig Devisen benötigenden Kunststoffmantel zu ersetzen. Diese Frage ist auch von allgemeiner weltwirtschaftlicher Bedeutung, da nach den Untersuchungen von W. und J. Noddack[5]) der Weltvorrat an nutzbaren Bleierzen verhältnismäßig knapp ist, und zwar geringer als bei jedem anderen Gebrauchsmetall, so daß mit einem frühzeitigen Versiegen der Erzlager zu rechnen ist.

Bei den bisher im Schrifttum behandelten Versuchen, den Bleimantel durch einen Kunststoffmantel zu ersetzen, sind solche Kabelkonstruktionen beschrieben worden, bei denen man zur Aderisolierung einen möglichst wenig feuchtigkeitsempfindlichen Werkstoff verwendet hat. Im vorliegenden Falle soll über einen Versuch berichtet werden, bei dem man trotz des Kunststoffmantels die bei Fernmeldekabeln übliche getrocknete Papierisolierung beibehalten hat. Hierbei ist die Aufgabe, ein über eine Reihe von Jahren betriebssicheres Kabel zu schaffen, wegen der Eigenart des Papiers, Feuchtigkeit begierig aufzusaugen, besonders schwierig zu lösen; um so mehr wenn es sich um Erdkabel handelt, die der im Erdreich enthaltenen Feuchtigkeit ausgesetzt sind. Anderseits erschien diese Aufgabe reizvoll, weil bei positivem Ausfall dieses unter besonders schwierigen Bedingungen durchgeführten Versuchs, womit wir übrigens seinerzeit im Jahre 1937 auf Grund unserer damaligen Überlegungen schon gerechnet hatten, leicht auf die Lebensdauer bei anderen weniger hygroskopischen Isolierstoffen geschlossen werden kann.

Die Entwicklungsarbeiten wurden von den an der Verwendung von Fernmeldekabeln besonders interessierten Behörden, insbesondere der Deutschen Reichsbahn und der Deutschen Reichspost, von Anfang an tatkräftig gefördert, so daß wir schon heute in der glücklichen Lage sind, über mehrjährige Erfahrungen an einem längeren Fernmeldekabel mit Kunststoffmantel zu berichten, das unmittelbar in die Erde gebettet wurde. In dem besonderen Fall, der hier behandelt werden soll, ist es der Entschlußfreudigkeit der Deutschen Reichsbahn zu danken, daß heute an einem derartigen Kabel schon Betriebserfahrungen über 2½ Jahre vorliegen.

Die Siemens & Halske AG. hatte der Reichsbahn im Jahre 1937, als ein rd. 35 km langes pupinisiertes Fernsprecherdkabel benötigt wurde, vorgeschlagen, zur Einsparung der sonst für den Bleimantel erforderlichen Devisen ein Kabel mit einem aus heimischen Kunststoffen gefertigten Mantel zu beschaffen und zu verlegen. Das Reichsverkehrsministerium hatte dem Vorschlag zugestimmt, obwohl damals für ein derartig langes Kabel noch keine Erfahrungen vorlagen, und hat somit in dankenswerter Weise die Möglichkeit zum Bau einer derartigen Versuchsanlage gegeben. Zu Vergleichszwecken war bestimmt worden, daß im gleichen Kabelgraben neben dem Kabel mit Kunststoffmantel ein Kabel mit Bleimantel üblicher Art verlegt werden sollte. Man erhielt so die Möglichkeit, den Isolationswiderstand der durch den Kunststoffmantel geschützten Adern mit dem der bleimantelgeschützten Adern jederzeit vergleichen zu können.

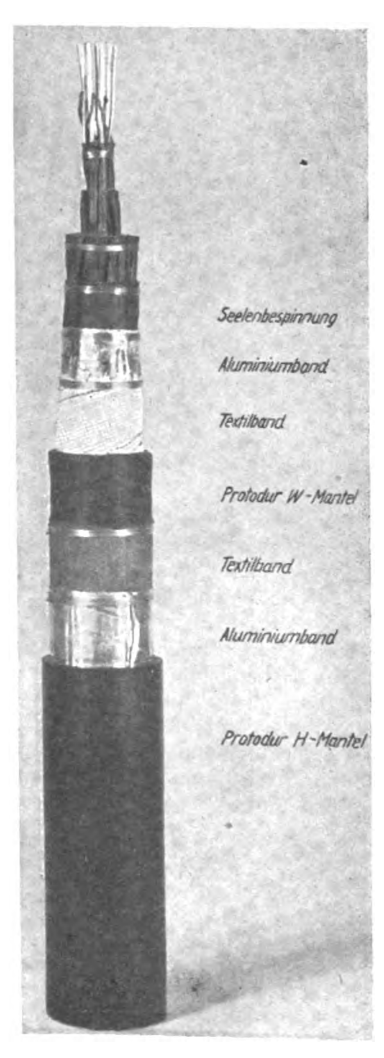


Bild 1. Fernmeldekabel mit Kunststoffmantel.

Der Kunststoffmantel des Versuchskabels, das einen Seelendurchmesser von etwa 18 mm besitzt, besteht aus zwei Schichten, einem inneren 1,7 mm starken Mantel aus Protodur W und aus einem äußeren 1,9 mm starken Mantel aus Protodur H. Beide Mäntel bestehen aus synthetischen Kunststoffen. Bild 1 zeigt den Aufbau des Kabels. Unter dem Mantel aus Protodur W befindet sich über der üblichen Seelenbewicklung aus Papier eine Lage Aluminiumband zur metallischen Umhüllung der Seele sowie ein Textilband. Zwischen dem Protodur-W-Mantel und dem Protodur-H-Mantel ist ebenfalls ein Textilband und ein Aluminiumband aufgebracht. Über dem Protodur-H-Mantel befindet sich die Bandeisenbewehrung üblicher Bauart nach den Vorschriften der Deutschen Reichsbahn.

Das den Schutz gegen das Eindringen von Feuchtigkeit übernehmende Protodur W ist ein verhältnismäßig weicher Stoff, der aber infolge seiner außerordentlich kleinen Diffusionskonstanten — die Diffusionskonstante ist ein Maß dafür, wieviel Wasser in einer bestimmten Zeit bei einer bestimmten Druckdifferenz durch eine Schicht mit bestimmten Abmessungen diffundiert — vorzüglich geeignet ist, das Eindringen von Feuchtigkeit in die Seele aufs äußerste zu verlangsamen. Es sei hier bemerkt, daß kein Kunststoff bekannt ist, dessen Diffusionskonstante den Betrag praktisch 0 hat, wie dies z. B. bei metallischen Schichten der Fall ist; dies hat vermutlich seine Ursache in dem geringen Abstand der Atome im Gitter der Metalle. Man kann also bei Kunststoff-

[1]) W. Glitsch u. K. Wagner, „Austauschstoffe auf dem Gebiet der Kabel und Leitungen in der Fernmeldetechnik unter Berücksichtigung der Aufgaben des Vierjahresplanes". H. elektr. Fernmeldewes. 1938, S. 114 ff.

[2]) Kurt Wagner, „Aufgaben des Vierjahresplanes auf dem Gebiet der Fernmeldekabel und Leitungen und derzeitiger Stand der Technik", VDE-Fachber. 11 (1939) S. 2.

[3]) Paul Mentz, „Bleisparende Kabelmäntel in der Fernmeldetechnik", ETZ 61 (1940) S. 1131.

[4]) H. Blatz, Erfahrungen und Arbeiten der Deutschen Reichsbahn mit metallischen Heimstoffen auf elektrotechnischem Gebiet, ETZ 61 (1940) S. 1096.

[5]) „Die Verteilung der nutzbaren Metalle in der Erdrinde". Z. angew. Chem. 49 (1936) S. 1.

schichten nicht in dem Sinne wie bei Metallen von absoluter Wasserundurchlässigkeit sprechen. Praktisch kommt es aber darauf an, das Eindringen von Feuchtigkeit so zu hemmen, daß unter den gegebenen Betriebsverhältnissen der Isolationswiderstand der Seele ausreichend erhalten bleibt, und der Sinn des Versuchskabels liegt gerade darin, durch einen praktischen Versuch festzustellen, inwieweit dies mit dem für diesen Zweck am besten geeigneten Kunststoffmantel möglich ist.

Das Protodur W besteht aus einer Mischung von Oppanol, einem Kunststoff der I. G. Farbenindustrie, und einer bestimmten Rußsorte, die die mechanischen Eigenschaften des Oppanols verbessert und darüber hinaus im Gegensatz zu anderen Füllstoffen noch seine Wasserundurchlässigkeit erhöht. Das Oppanol wird durch Polymerisation aus Isobutylen $\left(\begin{array}{c} CH_2 \\ \| \\ CH_3-C-CH_3 \end{array}\right)$ gewonnen, das seinerseits wieder aus Isobutylalkohol hergestellt wird. Dieser Isobutylalkohol fällt in erheblichen Mengen bei der Synthese von Methanol aus dem gewöhnlichen Wassergas an. Das Oppanol ist ein reiner Kohlenwasserstoff, ebenso wie z. B. das bekannte Paraffin. Mit dem Paraffin hat es auch die außerordentlich niedrige Diffusionskonstante gemeinsam, doch hat es ihm gegenüber den Vorzug, daß es hochelastisch und dehnbar und in seinen mechanischen Eigenschaften fast unabhängig von den praktisch vorkommenden Temperatureinflüssen ist, so daß es den Anforderungen, die bei der normalen Kabelverlegung an den Mantel gestellt werden, gewachsen ist.

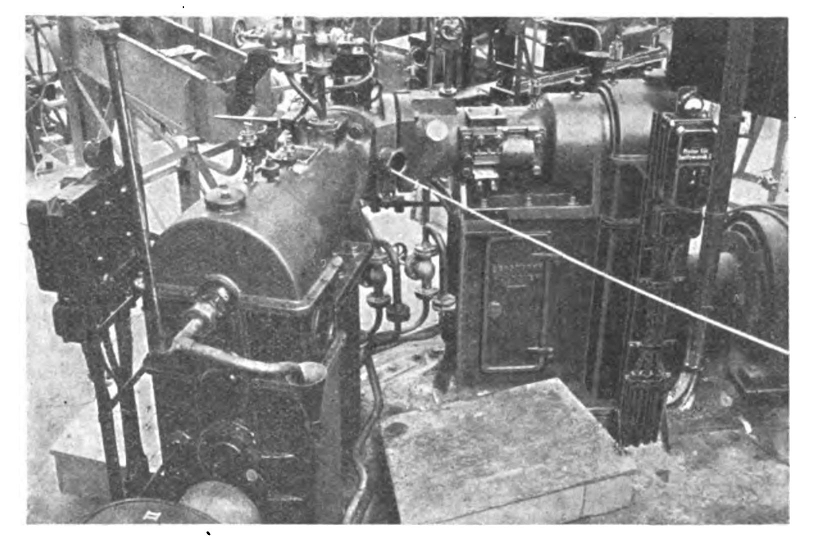


Bild 2. Doppeltwirkende Spritzmaschine für Kunststoff-Kabelmäntel.

Eine Übersicht über die Diffusionskonstanten einiger Isolierstoffe gibt die Tafel 1.

Tafel 1.

	D (in 10^{-8} g h^{-1} cm^{-1} $Torr^{-1}$)
Paraffin	0,02
Oppanol	0,15
Protodur W	0,06
Protodur H	3,4
Naturkautschuk	6,3
33-%ige Naturkautschukmischung	1,0
Folie aus Zellulosetriazetat	95

Das Oppanol ist trotz seiner Weichheit und Geschmeidigkeit außerordentlich zäh und auch bei höheren Temperaturen nur schwer zu verarbeiten. Es läßt sich deshalb nicht oder nur sehr schwierig auf den normalen Spritzmaschinen, mit denen man beispielsweise Gummischlauchleitungen spritzt, verarbeiten. Auch die Verformung in normalen Kabelbleipressen ist nicht möglich. Wir haben den Protodur-W-Mantel deshalb seinerzeit im Jahre 1937 auf einer gemeinsam mit einer Maschinenfabrik besonders entwickelten Maschine hergestellt, deren Konstruktion darauf hinauskommt, daß zwei gleich große Gummispritzmaschinen, die in einem spitzen Winkel zueinander angeordnet sind, auf einen gemeinsamen Spritzkopf arbeiten (Bild 2). Durch diese Anordnung der Spritzmaschinen ist der Materialfluß glatter als bei der normalen Bauart. Die Verarbeitbarkeit des Oppanols könnte auch durch Zusatz von Weichmachungsmitteln erleichtert werden, doch wäre dies nur auf Kosten der ausgezeichneten Eigenschaften dieses Werkstoffes möglich.

Zum mechanischen Schutz des verhältnismäßig weichen, hochelastischen Protodur-W-Mantels wurde darüber ein Mantel aus Protodur H, einem Kunststoff, der sich durch hohe Festigkeit auszeichnet, aufgebracht. Dieser Mantel ist zur Lösung der Aufgabe nicht unbedingt erforderlich und kann auch fortgelassen werden, wenn die mechanische Festigkeit des Protodur-W-Mantels durch andere geeignete Maßnahmen, z. B. eine gute normale Kabelbewehrung, sichergestellt wird.

Protodur H besteht aus einer Mischung des Kunststoffes Igelit der I. G. Farbenindustrie mit besonders ausgewählten Weichmachern. Das Igelit wird durch Polymerisation von Vinylchlorid ($CH_2=CHCl$) gewonnen. Dieser Grundstoff wird durch Anlagerung von Salzsäure an Azetylen hergestellt. Die hierzu erforderlichen großen Mengen Salzsäure fallen bei der Elektrolyse von Chloralkalien, die zur Gewinnung von Laugen notwendig ist, an. Das Igelit zeichnet sich auch selbst nach Zusatz von Weichmachungsmitteln durch eine sehr hohe mechanische Festigkeit aus. Es hat ferner den Vorteil, wegen seines hohen Chlorgehalts unbrennbar zu sein. Die Wasserdurchlässigkeit der Protodur-H-Mischung entspricht, wie aus Tafel 1 ersichtlich ist, annähernd der einer normalen Gummimischung. Es ist also ein Werkstoff, der auch von sich aus im Laufe der Zeit nur geringe Feuchtigkeitsmengen hindurchwandern läßt, so daß er als Mantel für sich schon angewendet wurde. Bei der hier vorliegenden Kombination beider Mäntel wird allerdings durch den Protodur-H-Mantel infolge der sehr viel besseren Schutzwirkung des Protodur-W-Mantels dessen Schutzwirkung praktisch nicht mehr erhöht; der Protodur-W-Mantel ist der alleinige Träger der Feuchtigkeitssicherheit des Kabels.

Das auf Grund von ausgedehnten Vorversuchen aufgebaute kunststoffummantelte Kabel wurde im Umfang von rd. 35 km Länge Ende 1937 in Bestellung gegeben und mit dem bleiummantelten Vergleichskabel zusammen im Frühjahr 1938 hergestellt. Die Siemens-Werke hatten nicht nur die Kabelherstellung, sondern auch die Durchführung der Erd- und Verlegungsarbeiten sowie den Zusammenbau der Kabellängen zur Gesamtanlage übernommen. Die Erstausführung eines so großen Kabels mit grundsätzlich neuer im großen noch unerprobter Ausführung verlangte natürlich von beiden Seiten — Besteller wie Auftragnehmer — ein hohes Maß von Risikofreudigkeit. Dem Lieferwerk gelang es, alle die Schwierigkeiten, die zunächst bei einer derart neuen Fertigung unvermeidbar sind, zu überwinden, so daß, wie beabsichtigt, im Frühjahr 1938 mit den Verlegungsarbeiten begonnen werden konnte. Für den Transport waren die Kabellängen mit Protodurkappen an den Enden verschlossen worden. Die Verlegung des Kabels im Kabelgraben konnte ohne jede Schwierigkeit planmäßig durchgeführt werden; bei diesen Arbeiten erwies sich das durch den Kunststoff erreichte geringe Kabelgewicht als be



sonders vorteilhaft. Bei einigen Bauwerken wurden die Kabel in Zementformstücke eingezogen. Diese Kabellängen wurden mit einer zusätzlichen blanken, geschlossenen Flachdrahtbewehrung ausgerüstet, die die Zugbeanspruchungen aufnehmen konnte. Auch der Zusammenbau der Kabellängen zur fertigen Anlage, das Montieren der einzelnen Verbindungs- und Abzweigmuffen sowie das Einspleißen der Pupinspulenkästen, Kondensatorausgleichmuffen und Endverschlüsse stellte beim Protodurkabel neue Aufgaben. Die Durchführung dieser Arbeiten erfolgte auf Grund eingehender im Werk ausgeführter Vorversuche, die die Zweckmäßigkeit des gewählten Montageverfahrens bewiesen hatten. Bei der Montage der Verbindungsmuffen wurde zur Abdichtung des Aderspleißes eine einteilige längs geschlitzte Muffe aus Protodur W verwendet, bei der die Verbindung der Längsnaht und die Verbindung mit dem Protodur-W-Mantel der Kabellängen unter Anwendung von Wärme und Druck erfolgte. Es ist ein allgemeiner Vorteil der wärmeplastischen Kunststoffe, daß sie sich unter diesen Bedingungen ohne weiteres fest, wasserdicht und unlösbar verschweißen lassen. Über die Protodur-W-Muffe wurden in mehreren Lagen Anthygronband, Mischgewebeband und ein abschirmendes Aluminiumband gewickelt, wie aus Bild 3 zu ersehen ist. Als äußerer mechanischer Schutz diente wie üblich eine Gußeisenmuffe, die mit einer geeigneten Masse ausgegossen wurde.

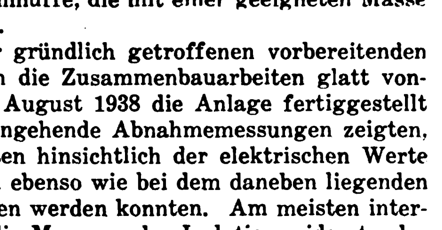


Bild 3. Verbindungsmuffe für Kunststoffkabel

Auf Grund der gründlich getroffenen vorbereitenden Maßnahmen gingen die Zusammenbauarbeiten glatt vonstatten, so daß im August 1938 die Anlage fertiggestellt werden konnte. Eingehende Abnahmemessungen zeigten, daß alle Vorschriften hinsichtlich der elektrischen Werte beim Protodurkabel ebenso wie bei dem daneben liegenden Bleikabel eingehalten werden konnten. Am meisten interessierte natürlich die Messung des Isolationswiderstandes an der Gesamtanlage. Bei den Abnahmemessungen am 1. 9. 1938 ergab das Protodurkabel einen Isolationswert von 288 000 MΩ · km, bezogen auf 10 ° C, also einen außerordentlich hohen Wert des Isolationswiderstandes. Beim daneben liegenden Bleikabel wurden 295 000 MΩ · km, also praktisch dasselbe, gemessen. Dieser hohe Isolationswiderstand beweist die Güte der Werklängen sowie die ausgezeichnete Sorgfalt, die bei den Zusammenbauarbeiten durch die Montagekräfte aufgewendet worden ist.

In der Zwischenzeit sind wiederholt Kontrollmessungen des Isolationswiderstandes der fertigen Kabelanlage durchgeführt worden. Die Ergebnisse dieser Messungen, die wir der Deutschen Reichsbahn verdanken, zeigt, immer auf 10 ° C umgerechnet, die Tafel 2.

Tafel 2.

	Protodurmantelkabel	Bleimantelkabel
1. 9. 1938	288 000 MΩ · km	295 000 MΩ · km
22. 3. 1939	286 000 „	300 000 „
22. 9. 1939	290 000 „	260 000 „
23. 8. 1940	275 000 „	262 000 „
28. 1. 1941	261 000 „	261 000 „

Man sieht aus diesen Zahlen, daß sich der Isolationszustand der Anlage gegenüber dem bei der Abnahme gemessenen sehr hohen Werte nicht verschlechtert hat und durchaus in derselben Höhe wie bei dem daneben liegenden Bleimantelkabel liegt. Die kleinen Schwankungen der Meßwerte sind auf Meßungenauigkeiten zurückzuführen, da man die Meßgenauigkeit bei Isolationsmessungen im allgemeinen kaum größer als etwa 10 % veranschlagen kann, zumal die Messungen bei ganz verschiedenen Temperaturen ausgeführt wurden.

Das Ergebnis der Messungen an dem nunmehr schon 2½ Jahre in Betrieb befindlichen Versuchskabel zeigt, daß ein Kunststoffmantel der beschriebenen Bauart auch bei einer Kabelseele mit trockener Papierisolation einen ausreichenden Schutz gegen das Eindringen von Feuchtigkeit gibt. Eine solche Mantelkonstruktion wird daher zumindest bei einem sehr großen Teil aller auf dem Lande und in der Luft verlegten Fernmeldekabel, soweit diese nicht in ganz außerordentlichem Maße feuchtigkeitsgefährdet sind, mit Vorteil angewendet werden können.

Starkstromkabel mit vorverdrehten Sektorleitern

Von K. Buss VDE, Köln

DK 621.315.21

Die Leiter von Starkstromkabeln sind entweder rund oder sektorförmig. Sektorleiter werden deshalb angewandt, weil sie, zu einem Mehrfachkabel zusammengefaßt, einen runden Kabelquerschnitt besser ausfüllen als Rundleiter. Bei der Verwendung von Sektorleitern an Stelle von Rundleitern ergibt sich daher unter der Voraussetzung gleichen Querschnittes ein kleinerer Kabeldurchmesser und damit ein geringerer Aufwand an Isolationsmaterial, an Füllmaterial für die toten Räume und an Blei- und Bewehrungsmaterial.

Für den Aufbau eines Sektorleiters gibt es zahlreiche Möglichkeiten. Der Aufbau ist um so besser, je vollständiger die Einzelquerschnitte der Drähte den Gesamtquerschnitt ausfüllen (Füllfaktor). Bei kleinen Querschnitten werden sektorförmige Massivleiter verwandt (Füllfaktor 100 %). Über 50 mm² müssen Litzen gebraucht werden. Das naheliegendste hierfür ist, um einen massiven Sektorkern eine oder mehrere Lagen gleichdicker Drähte zu verseilen. Eine zweite Möglichkeit zur Bildung sektorförmiger Litzenleiter besteht darin, daß man meh-

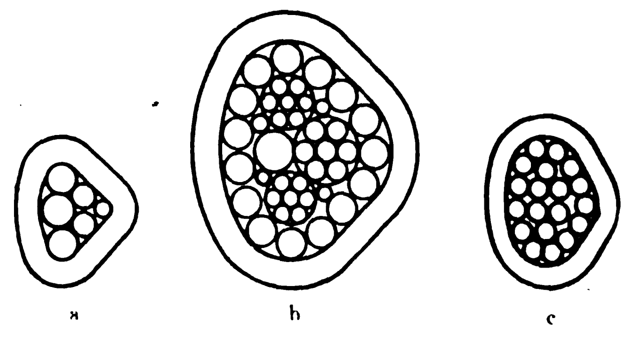


Bild 1. Aufbau von Sektorleitern

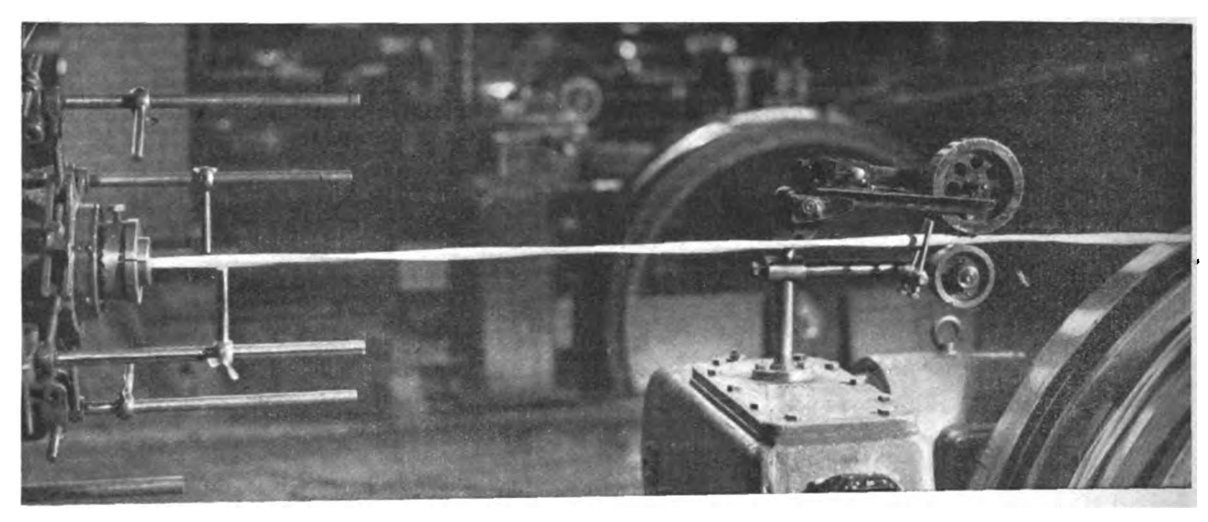


Bild 2. Vorverdrehter und verdichteter Sektorleiter.

rere verschieden dicke Kerndrähte parallel so anordnet, daß die Einhüllende die entsprechende Sektorform ergibt (Bild 1 a). Über diesen Kern können je nach Größe des Querschnittes eine oder mehrere Lagen Drähte verseilt werden. Dieses Prinzip der Kombination verschieden dicker Drähte kann auch bei größeren Querschnitten beibehalten werden, wenn man statt der massiven Einzeldrähte Litzen anwendet (Bild 1 b). Bei all diesen Sektoraufbauten werden für einen Querschnitt stets mehrere, manchmal sogar viele verschiedene Drahtdicken gebraucht. Will man — was meistens der Fall ist — nur Drähte gleicher Dicke zum Sektoraufbau verwenden, so legt man — z. B. beim Dreileiterkabel — 6 Drähte parallel nebeneinander und verseilt hierüber eine oder mehrere Lagen Drähte (Bild 1 c). Die Formung zum eigentlichen Sektor geschieht in diesem Falle durch entsprechende sektorförmige Kaliber, die hinter dem Verseilnippel durchlaufen werden. Dieser letztere Sektoraufbau hat zwar gegenüber den anderen Sektorformen eine schlechte Raumausfüllung. Er ist aber vom Standpunkt der Normung, Lagerhaltung und des Leiterpreises und bei Aluminiumleitern auch aus schweißtechnischen Gründen den anderen Sektorformen vorzuziehen.

Ein grundsätzlicher Nachteil sämtlicher Sektorkabel — ganz gleich, wie die Litze aufgebaut ist — bestand darin, daß die Adern im Gegensatz zu runden Adern nicht mit „Rückdrehung" — d. h. torsionsfrei — miteinander verseilt werden konnten, so daß sich die sektorförmigen Adern bei der Verseilung verdrehten, und zwar bei jeder Umdrehung des Verseilkorbes um 360 °. Würde dabei die Verseilung zum Kabel mit derselben kurzen Schlaglänge vorgenommen wie bei runden Leitern, so würde dann auftretende Torsion der isolierten Leiter Faltenbildung in der Leiterisolation verursachen. Man mußte also Sektorleiterkabel mit einer bedeutend größeren Schlaglänge verseilen als Rundleiterkabel. Die Anwendung der größeren Schlaglänge hat aber eine merkliche Abnahme der Biegsamkeit des Kabels zur Folge. Durch die Verdrehung bei der Verseilung entstehen ferner in den Adern Kräfte, die sie aus ihrer Lage herauszudrehen suchen. Da ihnen die Möglichkeit hierzu nicht geboten wird, üben sie einen entsprechenden Druck auf den umgebenden Gürtel, Bleimantel usw. aus.

Eine Vorkehrung, die die Verdrehung der Adern vermeidet und eine Verseilung mit „Rückdrehung" gestattet, ist die **Vorverdrehung** der Leiter vor der Isolierung und Verseilung[1]) nach Maßgabe des gewünschten kurzen Verseilschlages. Der Leiter erhält schon vor der Verseilung der Litze die Schraubenform (Bild 2), die er nachher im verseilten Kabel einnimmt, so daß das Zusammenlegen der Leiter (Bild 3) zum Mehrleiterkabel torsionsfrei vor sich geht und eine Beanspruchung der Isolation durch den Verseilvorgang entfällt. Diese vorverdrehten Sektorleiter können fest mit der gleichen Schlaglänge verseilt werden wie Rundleiterkabel, so daß sie diesen an Biegsamkeit nicht nachstehen.

Es ist fernerhin möglich, diese vorverdrehten Sektorleiter zu verdichten (Bild 4). Durch zusätzliches Walzen der vorverdrehten Sektorleiter[2]) kann man die Lücken zwischen den Runddrähten derartig verringern, daß der Querschnitt der zum Beispiel bei Anwendung gleichdicker Drähte nur zu rd. 79 % ausgefüllt ist, einen Füllfaktor von rd. 90 % erhält, ohne daß die Biegsamkeit des Kabels hierdurch gemindert wird. Trotzdem durch die Verdichtung schärfere Ecken am Leiter entstehen, sind diese Kabel — wie Versuche der Felten & Guilleaume Carlswerk AG. gezeigt haben — den Kabeln mit nicht verdichteten vorverdrehten Sektorleitern elektrisch ebenbürtig.

Erhält man bereits beim Übergang vom Rundleiter- zum Sektorleiterkabel eine Durchmesserverringerung von 10 bis 15 %, so ist es möglich, durch Vorverdrehung und Verdichtung der Sektorleiter eine weitere Verringerung des Kabeldurchmessers zu erzielen, die bei aus gleichdicken Drähten aufgebauten Sektoren durchschnittlich

[1]) DRP. 615 040.
[2]) DRP. 653 262.

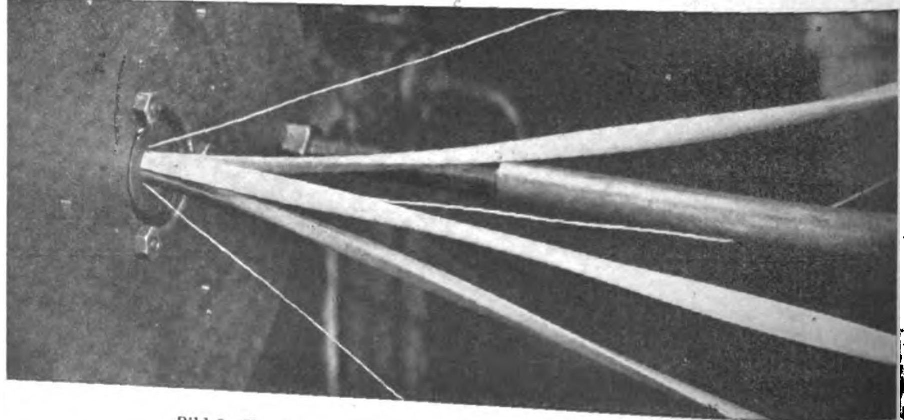


Bild 3. Verseilung vorverdrehter und verdichteter Sektorleiter.



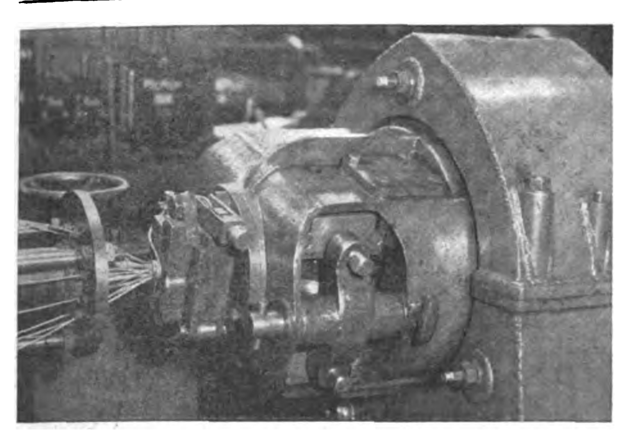
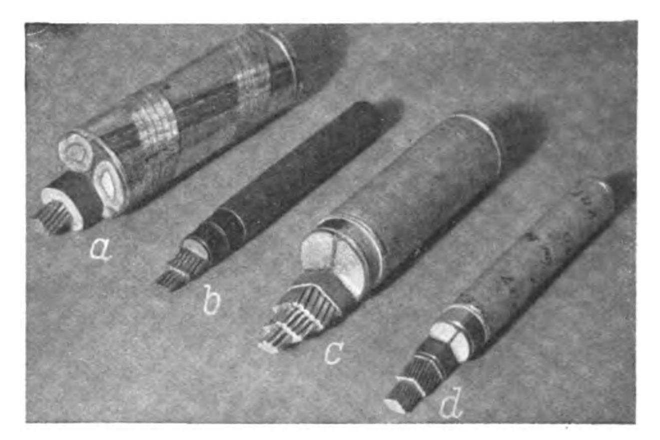


Bild 4. Preßwalzen zur Verdichtung vorverdrehter Sektorleiter.



a 30 kV „H"-Kabel, 3×95 mm
b 1 kV Gürtelkabel, 2×95 mm²
c 1 kV Gürtelkabel, 3×300 mm²
d 1 kV Gürtelkabel 3×95 mm² (Sektoraufbau: 1 Massivsektorkern, darüber eine Lage gleichdicker Drähte)

Bild 5. Muster von Kabeln mit vorverdrehten und verdichteten Al-Sektorleitern.

7 bis 8 % gegenüber Kabeln mit normalen Sektorleitern beträgt (Bild 5).

Alle Starkstromkabel von 1 bis 10 kV mit den Querschnitten 16 bis 300 mm² werden jetzt vorwiegend sektorförmig ausgeführt. Ab 15 kV verwendet man Rundleiterkabel, und zwar bevorzugt Dreimantelkabel. Hierfür sind in erster Linie elektrische Gründe maßgebend. Bei Sektorkabeln für Spannungen über 10 kV ist zudem die Raumausfüllung des gesamten Kabelquerschnittes nicht mehr sehr von der bei runden Leitern verschieden, da die Sektoren mit zunehmender Isolationsstärke immer abgerundeter werden. Durch die Vorverdrehung und Verdichtung der Leiter legen sich jedoch die sektorförmigen Adern so gut ineinander, daß auch bei Kabeln für Spannungen von 15 bis 30 kV eine merkliche Durchmesserverringerung gegenüber Dreimantelkabel erzielt werden kann. Versuche an 15-, 20- und 30 kV-Kabeln mit sektorförmigen vorverdrehten und verdichteten Leitern haben ergeben, daß diese Kabel in elektrischer Hinsicht den Anforderungen, die an sie gestellt werden müssen, vollauf genügen.

Die Siemens-Groß-Wähler-Neha-Anlage

Von Franz Simon, Berlin

DK 621.395.34

Durch die Weiterentwicklung der Nebenstellentechnik und Modernisierung der Nebenstellenzentralen hat dieses Gebiet in dem letzten Jahrzehnt einen ungeheuren Aufschwung genommen. So finden derartige Anlagen heute nicht nur in der Privatwirtschaft, sondern auch bei staatlichen und städtischen Behörden im In- und Auslande Verwendung.

Nachdem von den einzelnen Firmen anfangs die verschiedensten Systeme mit mehr oder weniger gleichen Leistungen entwickelt worden sind, wurden, um im Deutschen Reich eine Vereinheitlichung der gesamten Nebenstellentechnik zu erzielen, von der Deutschen Reichspost, im Einvernehmen mit der Wirtschaftsstelle der Fabrikanten von Fernsprechapparaten und Nebenstellenanlagen (Wiferna), für alle Anlagenarten Regelbedingungen aufgestellt und Preisvereinbarungen getroffen, die in der Fernsprechordnung veröffentlicht sind. Über diese Regelbedingungen hinaus gibt es außerdem sogenannte Ergänzungsbedingungen, die auf Wunsch des Teilnehmers geliefert werden können und dann besonders berechnet werden müssen.

Mit Rücksicht auf die erwähnten Vereinbarungen und Wirtschaftlichkeit der Anlagen sind in der neuen Fernsprechordnung außerdem eine Reihe bestimmter Ausbaustufen festgelegt worden, und zwar

die Baustufen I A bis I C 2
für „Nebenstellenanlagen mit Wähler zu einer Amtsleitung und 2 bis 9 Sprechstellen" (Kleine W-Anlagen);

die Baustufen II A bis II G
für „Nebenstellenanlagen mit Wähler zu 2 bis 10 Amtsleitungen und zu 10 bis 100 Sprechstellen" (Mittlere W-Anlagen mit Amtswahl)

und die Baustufe III A bis III B
für „Nebenstellenanlagen mit Wähler für eine Aufnahmefähigkeit von mehr als 10 Amtsleitungen und mehr als 100 Sprechstellen" (Große W-Anlagen mit Amtswahl).

Nachstehend soll nunmehr auf die unter die Baustufe III B von der Firma Siemens & Halske entwickelte Siemens-GWN-Anlage (Groß-Wähler-Neha-Anlage) näher eingegangen werden.

Systemaufbau

Das System hat eine Betriebsspannung von 60 V und ist, wie bereits durch die Baustufe III B gekennzeichnet, unbegrenzt ausbaufähig. Es ist ein sogenanntes Baukastensystem und kann infolgedessen jederzeit mit Leichtigkeit erweitert werden.

Je nach Stärke des Verkehrs bzw. Größe der Anlage kann der 10teilige Vorwähler oder 50teilige Anrufsucher als Drehwähler in der Vorwahlstufe verwendet werden. Bei sehr großen Anlagen ist es unter Umständen zweckmäßig, eine zweite Vorwahlstufe mit dem üblichen 17teiligen Drehwähler als II. Vorwähler einzuführen.

Die nachfolgenden Gruppenwähler (GW) und Leitungswähler (LW) sind 100teilige Siemens-Viereckwähler, deren Aufbau als bekannt vorausgesetzt werden kann. Beim Gruppenwähler ist der Relaissatz fest mit dem Viereckwähler verbunden und zusammen mit ihm auswechselbar, während die Relais des Leitungswählers in einem auswechselbaren Relaiskoffer untergebracht sind.

Die Wählereinrichtung dient einmal zur Vermittlung des Innenverkehrs und übernimmt gleichzeitig auch die des



an- und abgehenden Amtsverkehrs über besondere Amtsübertragungen.

Diese Übertragungen werden für doppelt-, ankommend und abgehend gerichteten Verkehr geliefert und sind auf Schienen untergebracht. Die doppelt- und ankommend gerichteten Übertragungen werden über einen Bedienungsplatz (Abfragestelle) geleitet und können bei Anlagen mit starkem Amtsverkehr über zwei Plätze parallel geschaltet werden.

Der Bedienungsplatz dient für die Abfrage und Weitervermittlung ankommender Amtsanrufe. Jeder Platz enthält die entsprechenden Überwachungs- und Steuereinrichtungen bis zu einer Ausbaufähigkeit von 40 Amtsübertragungen und 13 Melde-, Auskunfts- und Hinweisleitungen, wobei 1 Meldeleitung je Platz immer fest eingebaut ist. Bei mehreren Plätzen, z. B. in Anlagen mit sehr vielen Amtsübertragungen, können die Melde-, Auskunfts- und Hinweisleitungen auch über alle vorhandenen Tische vielfach geschaltet werden.

Eng mit jedem Bedienungsplatz verbunden ist die sogenannte Platzschaltung, in welcher die je Platz notwendigen Relais und Wähler untergebracht sind. Bei Zahlengeberbetrieb ist die Zahlengebertastatur rechts auf der Bedienungsplatte im Platz eingebaut. Die Zahlengeberrelais befinden sich in zwei Relaiskoffern.

Der Rufstrom und Hörzeichenstrom kann je nach Größe der Anlage einer 8-, 15- oder 60 VA-Signalmaschine evtl. mit selbsttätiger Umschaltung auf eine zweite Maschine entnommen werden. Alle weiteren Signaleinrichtungen sind auf Schienen in den verschiedenen Gestellen der Anlage eingebaut.

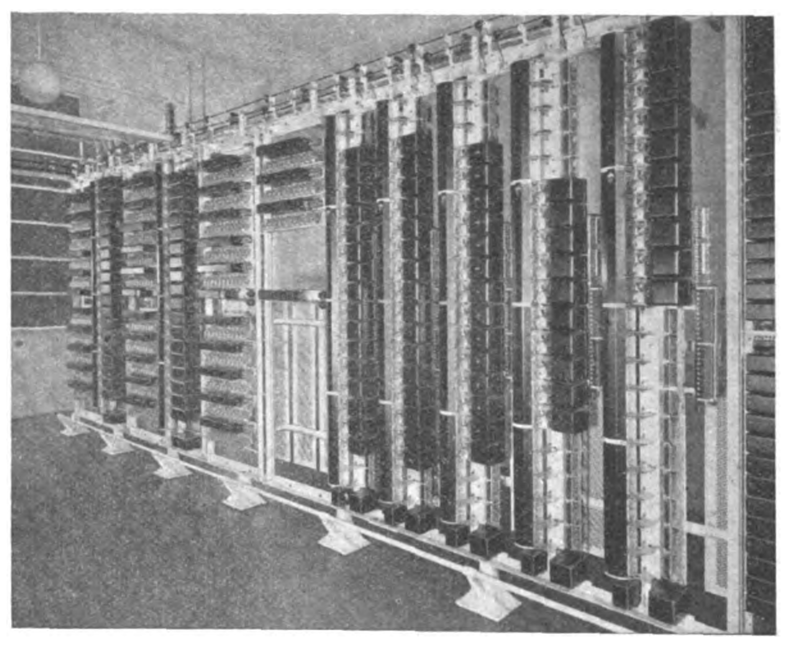


Bild 1. Blick in den Wählersaal einer Groß-Wähler-Neha-Anlage.

Bild 1 und 2 zeigen den Gestellaufbau einer solchen Zentrale und die Bedienungsplätze mit Zahlengebertastatur. Der hinter der Bedienungsplatte vorgesehene Aufsatz kommt nur dann in Betracht, wenn ein Teilnehmer-Besetztlampenfeld verlangt wird.

Die Anzahl der Wähler und Verbindungssätze für diese Anlage sind in der Fernsprechordnung festgelegt und so zu bemessen, daß gleichzeitig mindestens geführt werden können:

Abgehende Amtsgespräche auf allen nur für sie vorgesehenen Amtsleitungen
und auf der Hälfte der doppeltgerichteten Amtsleitungen;

ankommende Amtsgespräche auf allen nur für sie vorgesehenen Amtsleitungen
und auf der Hälfte der doppeltgerichteten Amtsleitungen;

8 % Innengespräche, bezogen auf die Zahl der eingebauten Anschlüsse für Sprechstellen. (Als Anschlüsse für die Sprechstellen zählen auch die Anschlüsse für die als Nebenstellen geschalteten Querverbindungen, nicht jedoch diejenigen für die Meldeleitungen und für die Rückfrageanschlüsse der Amtsleitungen.)

Systembeschreibung

Der Übersichtsplan der Zentrale ist aus Bild 3 ersichtlich, wobei in der nachfolgenden Beschreibung der Einfachheit halber das Vorwählersystem zugrunde gelegt wird.

Hausverkehr

Der Innenverkehr zwischen zwei Sprechstellen verläuft wie bei öffentlichen Ämtern über den Vorwähler, etwa vorhandene Gruppenwählerstufen und Leitungswähler. Da die Gruppenwähler jedoch beim Aufprüfen auf die nachfolgenden Verbindungswege die *a*/*b*-Leitungen durchschalten, wird jeder Wähler direkt von der Sprechstelle aus durch Schleifenstromstoßgabe eingestellt. Dies hat unter anderem den Vorteil, daß die Gruppenwählerschaltung für alle Gruppenwählerstufen die gleiche ist. Nach hergestellter Verbindung erhalten beide Teilnehmer getrennte Speisung vom Leitungswähler aus. Die Auslösung der gesamten Verbindung erfolgt bereits, wenn einer der beiden Teilnehmer den Hörer auflegt.

Abgehender Amtsverkehr

Ein abgehendes Amtsgespräch wird durch den Teilnehmer durch Wählen der Amtskennzahl eingeleitet. Er belegt damit über einen Gruppenwähler eine Amtsübertragung und dadurch eine Amtsleitung zum öffentlichen Amt. Bei Anlagen unter 100 Teilnehmern werden die Amtsübertragungen, die in abgehender Richtung zur Verfügung stehen, vom Leitungswähler aus erreicht, der die *a*/*b*-Leitung ganz allgemein bei Aufprüfen auf Übertragungen und also auch zur Amtsübertragung durchschaltet. Ist das öffentliche Amt ein Wähleramt, so kann der Nebenstellenteilnehmer nach Empfang des Wählzeichens die gewünschte Verbindung durch Wählen mittels des Nummernschalters selbst herstellen, bei einer handbedienten öffentlichen Anlage wird dieselbe abgefragt und entsprechend weiterverbunden.

Im allgemeinen wird man mit Rücksicht auf die Gebühren nicht jeder Sprechstelle einer Nebenstellenanlage die Möglichkeit geben, Amtsgespräche zu halten.

Man hat aus diesem Grunde die Sprechstellen in drei Berechtigungsgruppen unterteilt. Demgemäß unterscheidet man nichtamtsberechtigte Sprechstellen ohne Erdtaste (Hausstellen) sowie halbamtsberechtigte und vollamtsberechtigte Nebenstellen mit Erdtaste. Dabei darf innerhalb der Regelausstattung die Zahl der halbamtsberechtigten Nebenstellen laut Regelausstattung 10 % der amtsberechtigten Nebenstellen nicht übersteigen.

Während die Hausstellen nur interne Gespräche führen können, ermöglicht die Amtsberechtigung Amtsgespräche in an- und abgehender Richtung. Sprechstellen, die halbamtsberechtigt geschaltet sind, erhalten ein Amtsgespräch nur unter Mitwirkung der Bedienungsperson der Abfragestelle. Sie müssen also, um eine Sprechstelle des öffentlichen Amtes zu erhalten, zunächst über eine





Bild 2. Bedienungsplätze der Groß-Wähler-Neha-Anlage.

Meldeleitung die Bedienungsperson anrufen, und diese teilt der halbamtsberechtigten Nebenstelle eine freie Amtsleitung zu. Dabei besteht die Möglichkeit, daß der gewünschte Amtsteilnehmer von der Bedienungsperson selbst oder auch von dem halbamtsberechtigten Teilnehmer nach Zuteilung der Amtsübertragung gewählt werden kann.

Bei der GWN-Anlage wird das Berechtigungs-Kennzeichen im abgehenden Amtsverkehr für die Nichtamts- und Halbamtsberechtigung durch Anlegen von Erde am 5. Arm des Vorwählers festgelegt, welche bei vollamtsberechtigten Nebenstellen fehlt. Wählt eine Hausstelle oder halbamtsberechtigte Nebenstelle die Amtskennzahl, so wird der aufgebaute Verbindungsweg sofort wieder ausgelöst. Die Berechtigungskennzeichnung für eine ankommende Amtsverbindung erfolgt mit Hilfe eines Mitläufers in der Platzschaltung, der bei Aufbau einer ankommenden Amtsverbindung mit eingestellt wird. Dieser Mitläufer wird so verdrahtet, daß lediglich bei Aufbau einer ankommenden Verbindung zu einer Hausstelle der aufgebaute Verbindungsweg unterbrochen wird. Mit Rücksicht auf die Größe des Mitläufers bildet man

beim 10 000er-System amts- und nichtamtsberechtigte 100er-Gruppen,
beim 1000er-System amts- und nichtamtsberechtigte 10er-Gruppen,

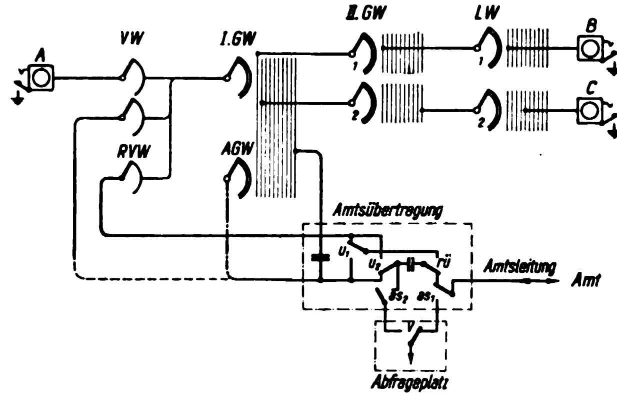
während bei 100er-Anlagen jeder einzelne Teilnehmer vollamts-, halbamts- oder nichtamtsberechtigt geschaltet werden kann.

Ankommender Amtsverkehr

Die Abfrage- und Weitervermittlung der Amtsanrufe übernimmt an der Abfragestelle die Bedienungsperson.

Erfolgt ein Amtsanruf, so leuchtet die Anruflampe (weiß) dauernd. Gleichzeitig wird die Anrufkontrollampe (weiß) und mit ihr, falls die Bedienungsperson nicht am Platz ist, der abschaltbare Platzwecker im Rhythmus des Amtsrufes eingeschaltet.

Abfragen wird durch kurzes Drücken der dieser Amtsübertragung zugeordneten Abfragetaste eingeleitet. Ein AS-Relais erhält Strom und verbindet die Bedienungsperson über einen v-Ruhekontakt, as_1-Arbeitskontakt mit der Amtsübertragung und dadurch mit der Amtsleitung und der anrufenden Sprechstelle des öffentlichen Amtes.



AGW Amtsgruppenwähler
GW Gruppenwähler
LW Leitungswähler
RVW Rückfragevorwähler
VW Vorwähler

as, rü, v und u sind Kontakte der entsprechenden Relais in der Amtsübertragung und im Abfrageplatz

Bild 3. Übersichtsplan zur Groß-Wähler-Neha-Anlage

Sofort nach Drücken der Abfragetaste leuchtet die Überwachungslampe in der Amtsübertragung dauernd, während der Stromkreis für die Anrufkontrollampe unterbrochen wird. Die Anruflampe leuchtet, solange die Abfragestelle in der Amtsübertragung eingeschaltet ist.

Verbinden erfolgt nach Drücken der Verbindungstaste. Die Bedienungsperson schaltet sich durch Drücken dieser Taste, nachdem ein V-Relais im Abfrageplatz Strom erhält, über einen v-Arbeitskontakt, as_2-Arbeitskontakt, u_2-Ruhekontakt auf die Innenseite der Nebenstellenanlage und belegt damit den mit der Amtsübertragung festgekoppelten Amtsgruppenwähler (AGW) oder bei 100er-System den Amtsleitungswähler (ALW). Die Anschlußmöglichkeit von Amtsvorwählern wird nur wenig angewendet, da durch Einbau von besonderen Amtsgruppenwählern oder Amtsleitungswählern eine ankommende Amtsverbindung besser abgesetzt werden kann. Die Bedienungsperson wählt nun den gewünschten Teilnehmer B mittels Zugnummernschalter oder, falls vorhanden, mittels Zahlengeber über den AGW, II GW (*1*) und LW (*1*), wobei der Zahlengeberbetrieb die Abwicklung des Verbindungsaufbaues wesentlich beschleunigt, da bereits während Ablauf des Zahlengebers ein neuer Anruf abgefragt werden kann. Mit Beginn der Wahl leuchtet die Überwachungslampe im Rufrhythmus. Die Bedienungsperson kann den Hörer auflegen oder die Schlußtaste drücken.

Ist die gewünschte Sprechstelle frei, so leuchtet die Überwachungslampe zur Kontrolle im Rufrhythmus weiter, während die Bedienungsperson, falls sie sich noch in der Leitung befindet, außerdem auch ein akustisches Zeichen erhält. Nach Melden der Sprechstelle B leuchtet die Überwachungslampe während des ganzen Gespräches dauernd.

Im Besetztfalle der angerufenen Stelle wird im Leitungswähler die a/b-Leitung zur Amtsübertragung hin gekreuzt und die Überwachungslampe zum schnellen Flackern gebracht. Die Verbindung schaltet sich selbsttätig in Wartestellung. Sollte die Bedienungsperson sich bereits aus der Amtsübertragung ausgeschaltet haben, so kann sie durch Drücken der Abfrage- und Verbindungstaste sich in dieselbe in bekannter Weise einschalten. Neben dem optischen Besetztzeichen erhält sie nunmehr auch das akustische Zeichen.

Eine Aufschaltung mit Tickerzeichen auf die besetzte Verbindung zwecks Anmeldung eines vorliegenden Amtsanrufes kann die Bedienungsperson dann durch Drücken der Aufschaltetaste vornehmen.

Legt die Bedienungsperson nun den Hörer wieder auf, so ist die Amtsübertragung erneut in Wartestellung geschaltet. Im allgemeinen wird die Abfragestelle, falls

der Teilnehmer B nicht sofort das bestehende Gespräch unterbrechen will, den Amtsteilnehmer zum Warten auffordern.

Sobald das erste Gespräch beendet ist, erfolgt Nachprüfen, d.h. der mit der wartenden Amtsübertragung verbundene Leitungswähler prüft auf die gewünschte Sprechstelle B auf, und diese wird erneut gerufen. Die Überwachungslampe leuchtet im Rufrhythmus, bis die Sprechstelle sich meldet.

Hängt nach einem Amtsgespräch die Nebenstelle ein, so löst die gesamte Verbindung aus.

Durch Ziehen einer Haltetaste kann ein Amtsanruf nach Abfragen ohne Weitervermittlung gehalten werden, so daß die Bedienungsperson die Möglichkeit hat, weitere vorliegende Anrufe zu erledigen.

Eine Trennung der von der Bedienungsperson aufgebauten Amtsverbindung zur Nebenstelle, z. B. bei Wählen einer falschen Nummer, wird durch Drücken der Trenntaste herbeigeführt. Die intern aufgebaute Verbindung löst aus, und die Bedienungsperson kann erneut wählen.

In sehr vielen Fällen ergibt sich die Notwendigkeit einer Rückfrage (1. Rückfrage), d.h. der Sprechstellenteilnehmer B muß während eines ankommenden oder auch abgehenden Amtsgesprächs eine andere Stelle, z. B. Teilnehmer C, bezüglich einer Auskunft anrufen. Um ein solches sogenanntes Rückfragegespräch einzuleiten, drückt der Nebenstellenteilnehmer B kurz die Erdtaste seiner Station und bewirkt damit über den LW (*1*), II. GW (*1*), AGW die Umschaltung der Weiche *rü* in der Amtsübertragung, die den Rückfragevorwähler RVW anläßt und die Amtsleitung abschaltet. Der RVW belegt einen freien I. GW, und nach Ertönen des Wählzeichens kann die gewünschte Verbindung durch Rückwärtswahl über LW (*1*), II. GW (*1*), AGW zur Amtsübertragung über u_2-Ruhekontakt *rü*-Arbeitskontakt, u_1-Ruhekontakt weiter über den RVW, I. GW, II. GW (*2*), LW (*2*) bis zur Sprechstelle *C* aufgebaut werden. Meldet sich der angerufene Teilnehmer, so sind die beiden Sprechstellen über den eben beschriebenen Weg zusammengeschaltet. Während der ganzen Zeit des Rückfragegespräches wird die Amtsverbindung selbsttätig gehalten, ohne daß der Amtsteilnehmer das Rückfragegespräch mithören kann. Nach Beendigung der Rückfrage drückt der Teilnehmer B erneut die Erdtaste und bewirkt über den bereits beschriebenen Weg die Rückschaltung der Weiche *rü* auf die Amtsleitung und dadurch die Auslösung der Rückfrageverbindung.

Eine selbsttätige Umlegung eines Amtsgespräches bei der GWN-Anlage gehört zur Ergänzungsausstattung. Wünscht z. B. im obigen Falle der in erster Rückfrage angerufene Teilnehmer C das Amtsgespräch zu übernehmen (1. Umlegung), so drückt er ebenfalls kurz die Erdtaste und schaltet dadurch rückwärts über den LW (*2*), II. GW (*2*), I. GW, RVW das U-Relais in der Amtsübertragung ein und das Rü-Relais aus. Der u_2-Ruhekontakt unterbricht die Schleife zur ersten aufgebauten Verbindung mit der Nebenstelle B, wodurch wieder Auslösung erfolgt. Die Nebenstelle C ist nun über LW (*2*), II. GW(*2*), I. GW, RVW, u_2-Arbeitskontakt in der Amtsübertragung, *rü*-Ruhekontakt, as_1-Ruhekontakt mit der Amtsleitung und dadurch mit dem Teilnehmer des öffentlichen Amtes verbunden. Der u_1-Arbeitskontakt in der Amtsübertragung hat bereits für eine sogenannte zweite Rückfrage einen Weg vorbereitet.

Wünscht die Nebenstelle C nunmehr ebenfalls eine Rückfrage (2. Rückfrage), so drückt er erneut die Erdtaste seines Fernsprechers und bewirkt über den LW (*2*), II. GW (*2*), I. GW, RVW, u_2-Arbeitskontakt in der Amtsübertragung erneut die Umschaltung der Weiche *rü*, wodurch der AGW belegt und die Amtsleitung wieder abgeschaltet wird. Nach Ertönen des Wählzeichens kann die gewünschte Rückfrageverbindung, z. B. zur Sprechstelle B, durch Rückwärtswahl über LW (*2*), II. GW (*2*), I. GW, RVW zur Amtsübertragung über u_2-Arbeitskontakt, *rü*-Arbeitskontakt, u_1-Arbeitskontakt weiter über den AGW, II. GW (*1*), LW (*1*) bis zur Sprechstelle B aufgebaut werden. Nach Melden dieses Teilnehmers sind die beiden Sprechstellen über den eben beschriebenen Weg verbunden. Während der ganzen Zeit der Rückfrage wird die Amtsverbindung wie früher gehalten. Nach Beendigung der zweiten Rückfrage drückt der Teilnehmer C erneut die Erdtaste und erreicht dadurch über den bereits beschriebenen Weg die Rückschaltung der Weiche *rü* auf die Amtsleitung und damit die Auslösung der Rückfrageverbindung.

Soll an der in zweiter Rückfrage angerufenen Nebenstelle B das Amtsgespräch übernommen werden (2. Umlegung), so drückt der Teilnehmer dort kurz die Erdtaste und schaltet hierdurch rückwärts über den LW (*1*), II. GW (*1*), AGW das U- und Rü-Relais in der Amtsübertragung ab. Der u_2-Arbeitskontakt unterbricht die Schleife zur Nebenstelle C, wodurch in diesem Abschnitt Auslösung erfolgt. Die Sprechstelle B ist nunmehr über LW (*1*), II. GW (*1*), AGW, u_2-Ruhekontakt in der Amtsübertragung, *rü*-Ruhekontakt, as_1-Ruhekontakt mit der Amtsleitung und hierdurch wieder mit dem Teilnehmer des öffentlichen Amtes verbunden. Der u_1-Ruhekontakt in der Amtsübertragung bereitet wieder einen neuen Weg für eine neue Rückfrage vor. Bei einer weiteren Rückfrage und Umlegung wiederholen sich diese Vorgänge.

Beim Auflegen in Rückfrage, d.h. wenn der Teilnehmer, der das Rückfragegespräch hergestellt hat, irrtümlich den Handapparat auflegt, löst die intern aufgebaute Verbindung aus, während die Amtsverbindung bis zur Amtsübertragung gehalten bleibt. Hierdurch wird erneut ein Amtsanruf durch Leuchten der Anruflampe angezeigt. Das Abfragen und Weiterverbinden geschieht in der bereits beschriebenen Weise. Diese Bedingung bezieht sich nicht auf die später beschriebene Nachtschaltung.

Das Flackern (Eintretzeichen) bei bestehenden Amtsgesprächen von der Sprechstelle aus zur Abfragestelle wird in der GWN-Anlage durch langes Drücken der Erdtaste eingeleitet. In der Amtsübertragung wird die Anruflampe im Flackerrhythmus eingeschaltet, während die Überwachungslampe dauernd leuchtet. Die Bedienungsperson kann in die entsprechende Amtsübertragung eintreten und den Wunsch des Teilnehmers entgegennehmen und z. B. ihrerseits ein Gespräch umlegen.

Für jede Amtsübertragung ist am Platz ein Einzelnachtschalter vorgesehen, der nach Verlassen des Bedienungsplatzes umgelegt werden muß und jede Amtsübertragung mit einer Sprechstelle (Nachtnebenstelle) verbindet. Diese Stelle selbst kann nach wie vor ankommende und abgehende Gespräche abwickeln. Ein Amtsanruf wird nunmehr direkt auf die der Amtsübertragung zugeordnete Sprechstelle geleitet und diese im Freifall angerufen. Beim Abnehmen des Hörers ist die Nachtnebenstelle mit dem Amtsteilnehmer verbunden und kann in der bekannten Weise durch Rückfrage und selbsttätige Umlegung die Amtsverbindung weitervermitteln. Eine Aufschaltung der Nachtnebenstelle auf einen besetzten Teilnehmer ist jedoch nicht möglich. Ist bei einem Amtsanruf die Nachtnebenstelle besetzt, so erhält sie von dem vorliegenden Amtsgespräch durch Tickerzeichen Kenntnis.

Für die Amtsanpassung an das öffentliche Amt sind verschiedene Zusätze vorhanden.

Wie bereits anfangs bemerkt, können über die Regelbedingungen hinaus im Rahmen der Fernsprechordnung außerdem noch verschiedene Ergänzungsbedingungen erfüllt werden, deren wichtigste hier noch kurz angeführt werden sollen:

Die Nachtvermittlung bei einer bestimmten Nebenstelle sieht eine gemeinsame Nachtabfragestelle vor, die nach Umlegung des gemein-



samen Nachtschalters am Platz zum Unterschied der Nachtnebenstelle alle Amtsanrufe abzufertigen hat. Die Vermittlung der ankommenden Amtsverbindungen ist dieselbe, wie bei der Nachtnebenstelle, nur daß die gemeinsame Nachtstelle sich auf einen besetzten Teilnehmer aufschalten kann.

Die selbsttätige Rufweiterschaltung in Amtsleitungen bewirkt, falls der Amtsanruf nach gewisser Zeit nicht bei der Abfragestelle abgefragt wird, einen Parallelanruf zu einer amtsberechtigten Nebenstelle (Nachtnebenstelle oder Nachtabfragestelle). Meldet sich auch diese nicht, wird nach einiger Zeit der Anruf zu dieser Stelle wieder abgeschaltet.

Wünscht ein Amtsteilnehmer mehrere Nebenstellenteilnehmer nacheinander zu sprechen, so zieht die Bedienungsperson eine jeder Amtsübertragung zugeordnete Haltetaste, die nun als Kettentaste geschaltet ist und stellt die zuerst gewünschte Verbindung her. Sobald die angerufene Sprechstelle bei Gesprächsschluß auflegt, findet sofortiger Wiederanruf bei der Abfragestelle statt, welche nun die zweite Verbindung herstellt und nach der zuletzt hergestellten Verbindung die Kettentaste wieder drückt. Legt nach der letzten Verbindung die Nebenstelle auf, so löst die Amtsverbindung wieder aus.

Die Aufschaltemöglichkeit mit Tickerzeichen für einzelne Nebenstellen oder für Meldeleitungen wird durch Einbau einer Aufschalteübertragung in die *a/b*-Leitung der Teilnehmerschleife erreicht.

Sind im abgehenden Amtsverkehr bestimmte Ziffern, z. B. die des Schnellverkehrs, zu sperren, so erhalten die Amtsübertragungen Mitlaufwerke.

Weiter fallen unter die Ergänzungsausstattung die Anschlußmöglichkeit von Zweier-Anschlüssen, Personen-Suchanlagen, Rundgesprächseinrichtungen, Konferenzschaltungen und besondere Schaltungen für Börsen- und Maklerbüros usw., deren eingehende Schilderung hier zu weit führen würde.

In sehr vielen Fällen wird man aus Gründen einer Dezentralisierung oder Angliederung weiterer Betriebe eine Nebenstellenanlage aufteilen und die einzelnen Anlagen mit Hilfe eines Leitungsnetzes über Querverbindungsleitungen verbinden. Man unterscheidet dabei Hauptanlagen, das sind Anlagen, welche über Amtsleitungen direkt an das öffentliche Fernsprechnetz angeschlossen sind und Zweitnebenstellenanlagen (Unteranlagen) ohne eigene Amtsleitungen. In diesem Falle wird der gesamte Amtsverkehr für die vollamts- und halbamtsberechtigten Sprechstellen der Zweitnebenstellenanlage über die Hauptanlage geleitet. Auch diese Sprechstellen haben die Möglichkeit der selbsttätigen Rückfrage und Umlegung.

Die unbeschränkte Ausbaufähigkeit der Siemens-GWN-Anlage mit allen Vorteilen, die eine Neha-Anlage bietet, erklärt die vielfache Verwendung dieses Systems im In- und Ausland. Die beste Gewähr für die große Betriebssicherheit und einfache Instandhaltung dieser Anlage zeigt sich wohl am einfachsten in der Zahl der seit 1934 gelieferten 200 000 Anschlüsse nach diesem System.

Der elektrisch beheizte Durchgangsofen mit Schrittmacherförderkette

Von Alfred Großmayer VDE, Dortmund

DK 621.365.413

Bei der Massenherstellung von gezogenen Kleinteilen wird zum Weichglühen oder Normalisieren der einzelnen Zwischenstufen mit Vorliebe der elektrisch beheizte Durchgangsofen benutzt, weil er sich mit seiner ununterbrochenen Arbeitsweise am besten in den Verlauf der Fertigung einreihen läßt. Von den verschiedenen Bauarten der Durchgangsöfen hat sich in den letzten Jahren besonders der von BBC hergestellte Durchgangsofen mit Schrittmacherförderkette bewährt. Das Glühgut, das in den meisten Fällen aus mehr oder weniger empfindlichen Kleinteilen besteht, wird in sogenannten Förderkästen aus hitzebeständigem Blech, die mit einem lose aufgesetzten Deckel abgeschlossen werden, durch den Ofen gefördert. Der Vorschub erfolgt schrittweise und wird durch die Schrittmacherschleppkette bewirkt. Die Kette führt dabei eine hin- und hergehende Bewegung aus und legt jeweils den Weg einer Kastenlänge zurück. Durch geeignete Ausbildung der Kette, Bild 1, die im wesentlichen aus den einzelnen Mitnehmern und den Verbindungslaschen besteht, wird erreicht, daß der Mitnehmer bei Bewegung der Kette in Förderrichtung den Förderkasten mitnimmt, während bei entgegengesetzter Bewegung der Mitnehmer unter dem Kasten zurückgeht, ohne die Lage des Kastens zu verändern.

Der Durchgangsofen mit Schrittmacherschleppkette wird in verschiedenen Bauformen ausgeführt. Die ge-

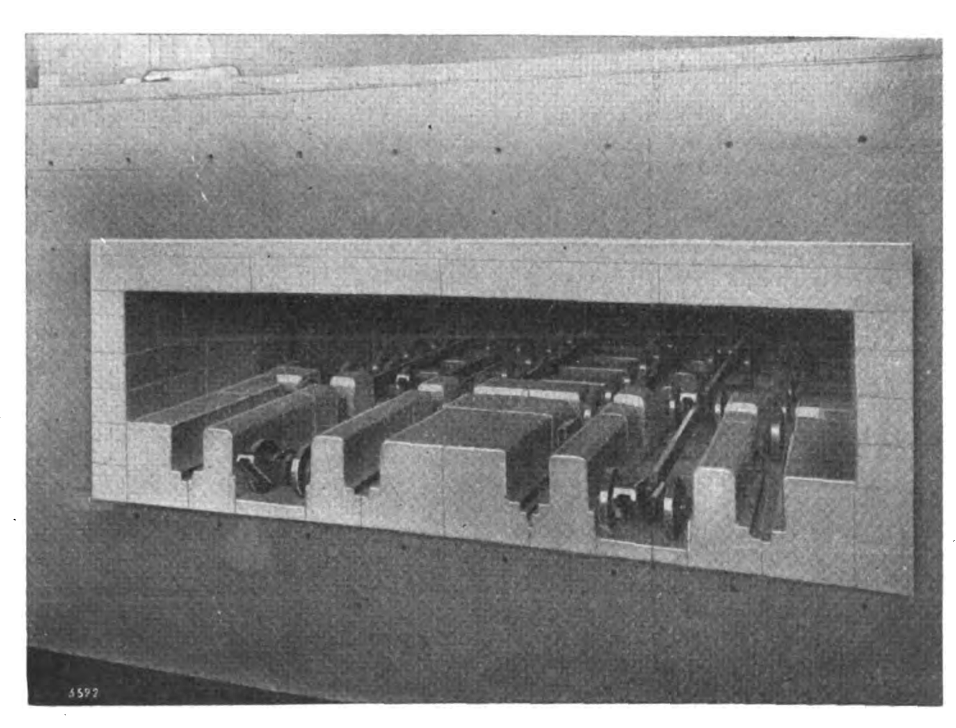


Bild 1. Blick von der Kühlkammerseite aus in das Innere eines Doppelbahnofens (Montageaufnahme).

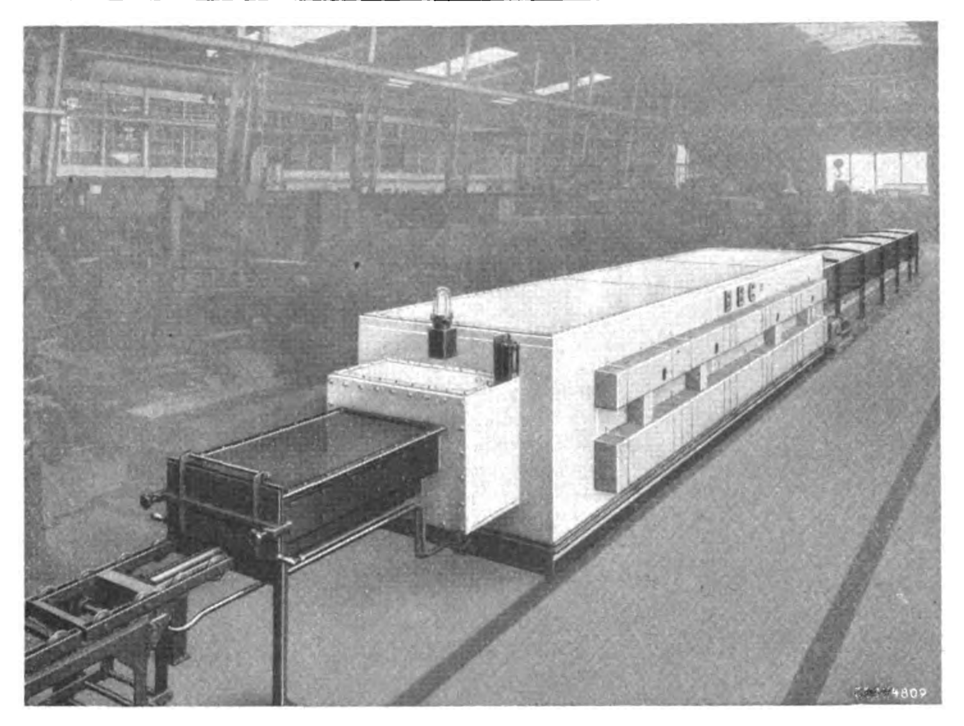


Bild 2. Gesamtansicht eines Durchgangsofens mit Schrittmacher-Schleppkette zum Blankglühen von Massenteilen in Förderkästen unter Schutzgas. Heizleistung 160 kW, Nenntemperatur 930 °C. Gesamtlänge 24 180 mm.

wöhnliche, gestreckte Ausführung ist aus Bild 2 ersichtlich und besteht aus folgenden Teilen: einer Einlaufkammer, dem beheizten Ofenteil, der Kühlkammer und einer Auslaufkammer. Die Kühlkammer ist deshalb erforderlich, weil der Ofen zum Blankglühen von plattierten und unplattierten Stahlteilen unter Schutzgasatmosphäre verwendet wird und daher das Glühgut erst mit einer entsprechend niedrigen Temperatur mit der Außenluft wieder in Berührung kommen darf. Wegen des Schutzgasbetriebes werden auch Ein- und Auslaufkammern benötigt, die einen möglichst gasdichten Abschluß des Ofenraumes während der Beschickung bzw. Entleerung des Ofens erhalten lassen. Diese Kammern sind mit drehbaren Klappen, die mit Federn angepreßt werden, abgeschlossen. Zur Erhöhung der Gasdichtigkeit sind im Innern dieser Kammern noch Dichtungsbleche eingebaut, die sich vollkommen an den Förderkasten anlegen und auf diese Weise den Ofenraum auch bei geöffneten Klappen abschließen.

Das beheizte Ofenteil besteht im Innern aus einer verhältnismäßig dünnen Muffel aus Spezialschamotte, die allseits von Wärmedämmstoffen, und zwar von Isoliersteinen, umgeben ist. Das Lichtprofil der Ofenkammer ist nur so groß gehalten, daß die Teile für die mechanische Förderung und die Thermoelemente für die Temperaturregelung Platz finden. Auf diese Weise ist eine möglichst große Ausnutzung des Ofenraumes erreicht. Die Ein- und Austrittsöffnungen im beheizten Ofenteil werden weitgehend der Kastenform angepaßt, um die Abstrahlungsverluste in den unbeheizten Teil zu verringern.

Die Heizwicklung ist in entsprechenden Aussparungen im Boden und in der Decke der Schamottemuffel untergebracht. Die Anschlußenden der einzelnen Heizelemente sind alle nach einer Seite ausgeführt und es ist Vorkehrung getroffen, daß diese Elemente bei betriebswarmem Ofen ausgebaut werden können. Ein etwa auftretender Kurzschluß oder eine sonstige Störung der Heizwicklung kann daher in kürzester Zeit behoben werden. Dieser Umstand ist für den Betrieb sehr wesentlich, weil im anderen Fall der Ofen erst erkalten müßte, was mit Rücksicht auf die große Speicherwärme etwa zwei Tage erfordern würde.

Die gesamte Heizwicklung ist in der Ofenlänge in mehrere Gruppen unterteilt, deren jede einzelne von einem Thermoelement und einem Temperaturregler getrennt gesteuert wird. Durch richtige Wahl der Stärke der Heizleistung in den einzelnen Gruppen wird erreicht, daß das Glühgut möglichst rasch auf die gewünschte Temperatur gebracht und dann auf dieser Temperatur konstant gehalten wird. Um die gewünschte Temperatur genau einzuhalten und außerdem beim Versagen eines Teiles der Meßeinrichtung das Glühgut nicht zu verderben, sind in der Schaltanlage bestimmte Sicherheitsschaltungen vorhanden, die im Störungsfalle die Heizwicklung selbsttätig abschalten und diesen Schaltzustand sichtbar machen.

Das geglühte Gut kommt aus dem Ofen unmittelbar in die Kühlkammer. Diese besteht aus einem gasdicht geschweißten Blechgehäuse mit den notwendigen Einbauten für die Beförderung der Förderkästen. Die Abkühlung erfolgt normalerweise nur durch natürliche Konvektion. Im ersten, unmittelbar hinter dem Ofen befindlichen Teil der Kühlkammer ist eine zusätzliche Wasserkühlung eingebaut, um die Kühlwirkung an dieser Stelle zu erhöhen und die Außentemperatur der Kammer nicht zu hoch werden zu lassen. Die gesamte Kühlkammer hat abnehmbare Deckel, so daß die Fördereinrichtung leicht zugänglich ist.

Aus der Kühlkammer kommen die Kästen in die Auslaufkammer, die ebenso wie die Einlaufkammer eine Art Schleuse darstellt.

Die Beförderung der Förderkästen vom Beginn des beheizten Ofenteiles bis zur Abschlußklappe der Auslaufschleuse erfolgt mechanisch mit Hilfe der Schrittmacherschleppkette. Die Kästen rollen auf einer Rollbahn, die durch den ganzen Ofen hindurchgeht. Um ein einwandfreies Durchlaufen der Kästen zu gewährleisten, sind diese mit entsprechenden Führungsschienen versehen. Vor und hinter dem Ofen befindet sich noch eine kurze Verlängerung der Rollbahn, um die einzuschiebenden und die herausgezogenen Kästen in Arbeitshöhe beschicken und entleeren zu können. Der Rollentisch am Ofeneinlauf ist außerdem als Waage bzw. als Gewichtsbegrenzer ausgebildet, um so dem Bedienungsmann die Möglichkeit zu geben, die vorgeschriebene größte Kastenfüllung einzuhalten und zu prüfen.

Die Arbeitsweise mit dem Ofen ist nun folgende: auf den Rollentisch am Einlauf wird ein leerer Kasten aufgesetzt und mit Glühgut gefüllt. Wenn es sich nicht um Schüttgut, sondern um empfindliche Teile handelt, müssen diese von Hand aus sorgfältig eingelegt und erforderlichenfalls geschichtet werden. Der gefüllte Kasten wird mit einem Deckel abgedeckt und dieser mit einem Riegel oder einem sonstigen Sicherheitsverschluß gegen Herabfallen gesichert. Jetzt wird der Kasten nach Öffnen der Einlaufklappe von Hand aus in den Ofen eingeschoben und dieser drückt die beiden davorstehenden Kästen um eine Teilung weiter. Die Schrittmacherschleppkette beginnt erst im beheizten Ofenteil und nimmt daher erst den von vorne gesehenen dritten Kasten mit, so daß der Bedienungsmann jedesmal höchstens drei Kästen von Hand schieben muß. Diese Arbeitsleistung kann von einem einzelnen Mann ohne weiteres ausgeführt werden. Wird die Schleppkette jetzt gezogen, dann nimmt sie den Kasten in Förderrichtung um eine Teilung mit. Ist dieser Be-

wegungsvorgang beendet, dann geht die Kette um den gleichen Weg wieder in die Anfangslage zurück, während der Kasten stehenbleibt. Da der Abstand der einzelnen Mitnehmer ungefähr der Kastenteilung entspricht, wird dieser Kasten nunmehr vom nächsten Mitnehmer mitgenommen, sobald die Kette wieder in Förderrichtung gezogen wird. Dieser Vorgang wiederholt sich so oft, bis der Kasten in die Auslaufschleuse kommt. An dieser Stelle betätigt er über einen Endschalter eine über dem Auslauf befindliche Meldelampe, die dem Bedienungsmann anzeigt, daß ein Kasten von Hand aus herausgezogen werden muß. Zu diesem Zweck ist ein geeigneter Zughaken vorhanden. Wird das Lichtzeichen nicht beachtet, dann drückt der nächstfolgende Kasten nach und die mit Federn angepreßte Auslaufklappe wird zwangsweise geöffnet, ohne daß es zu einer Betriebsstörung infolge Unachtsamkeit kommen kann. Da sich die Klappe nicht selbsttätig schließt, muß aber bei Schutzgasglühung das Lichtzeichen betriebsmäßig unbedingt beachtet werden, weil sonst ein zu großer Gasverbrauch und unter Umständen ein schlechtes Blankglühergebnis die Folge wäre.

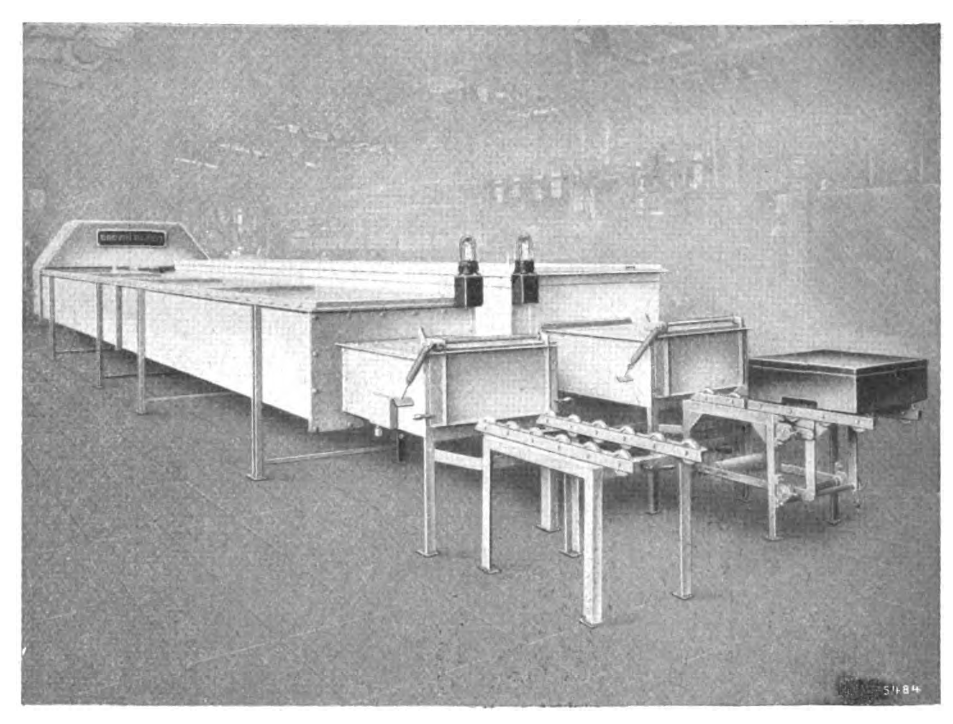


Bild 3. Durchgangsofen mit Schrittmacher-Schleppketten und Umkehrkammer zum Blankglühen von Massenteilen in Förderkästen unter Schutzgas, Heizleistung 160 kW, Nenntemperatur 930 °C, Gesamtbaulänge 13 600 mm.

Eine über dem Ofeneinlauf angeordnete Meldelampe zeigt dem Bedienungsmann an, wann ein weiterer Kasten eingeschoben werden muß. Erst wenn dies ordnungsmäßig durchgeführt worden ist, erlischt die Lampe. Der Kasten wird in dem Ofen schrittweise befördert. Ein Bewegungsspiel beginnt mit dem Vorwärtsziehen der Schleppkette und endet, wenn die Kette wieder in die Anfangslage zurückgekommen ist. Die Zeitfolge zwischen zwei Spielen wird bei vollautomatischem Betrieb durch ein Kontaktlaufwerk geregelt.

Die Schleppkette wird hydraulisch angetrieben. Eine elektromotorisch angetriebene Hochleistungs-Ölumlaufpumpe fördert das Drucköl von der Saugseite des mit der Kette unmittelbar gekuppelten Arbeitszylinders auf die Druckseite des Kolbens. Beim Erreichen der Endlage wird durch Endschalter oder Steuermanometer die Pumpe stillgesetzt. Die Bewegungsumkehr der Kette wird durch Änderung der Pumpendrehrichtung erreicht. Ein kleiner Ölvorratsbehälter dient dazu, etwaige Druckölverluste und die Verschiedenheit der Ölmengen vor und hinter dem Kolben auszugleichen. Aus diesem Grunde sind in die Ölleitungen Überdruck- und Rückschlagventile eingebaut. Das gesamte Antriebsaggregat ist wegen der geringen zu bewegenden Ölmengen sehr klein.

Bei vollautomatischem Betrieb erfolgt die Impulsgabe für den Antriebsmotor von einem Kontaktlaufwerk mit einstellbaren Zeiten. Durch einfache Druckknopfumschaltung kann auch Handsteuerung eingestellt werden. In diesem Falle wird die Vorwärts- und Rückwärtsbewegung der Schleppkette beliebig durch Drücken des dazugehörenden Druckknopfes bewirkt. Um beim Ausbleiben der Spannung oder im Falle des Schadhaftwerdens des Antriebsmotors den Ofen noch leerfahren zu können, ist außerdem ein Nothandantrieb vorhanden. Dieser besteht aus einer Handpumpe, die nach Öffnen der betreffenden Absperrhähne der Motorpumpe parallel geschaltet wird.

Da von der Schrittmacherförderkette jeder Kasten einzeln mitgenommen wird, ist es ohne weiteres möglich, in der Kastenfolge eine Lücke frei zu lassen. Um aber bei durchlaufendem Betrieb die lückenlose Beschickung des Ofens zu beaufsichtigen, ist eine Kastenzählvorrichtung am Ofen vorhanden, die in den Meßkreis eines Schreiberthermoelementes wechselweise einen großen und einen kleinen Vorschaltwiderstand einschaltet und auf diese Weise die angezeigte Temperatur einmal um einen großen und dann um einen kleinen Betrag erniedrigt. Die Vorschaltwiderstände werden wechselweise durch einen Wechselschalter oder ein Fortschaltrelais eingeschaltet, die unmittelbar vom eingeschobenen Kasten betätigt werden. Beispielsweise sei nun angenommen, die Temperatur des Schreiberthermoelementes sei 600 ° und die Widerstände seien so bemessen daß diese Anzeige einmal auf 300 ° und einmal auf 400 ° erniedrigt wird. Sobald nun ein Kasten eingeschoben wird, zeigt das Schreiberthermoelement z. B. 300 ° und schreibt diese Temperatur so lange, bis ein weiterer Kasten nachgeschoben wird. Dadurch wird der andere Widerstand in den Meßkreis geschaltet und das Thermoelement zeigt dann 400 ° wieder solange, bis der nächste Kasten folgt. Dieser bewirkt wieder eine Erniedrigung auf 300 ° usw. Der Temperaturschreiber schreibt also zwei unterbrochene parallele Linien, deren Länge jeweils die Kastenfolge anzeigt. Um diese Kurven auch tatsächlich schreiben zu können, ist in die Schaltanlage ein Temperaturschreiber eingebaut, der mindestens eine Meßstelle mehr hat als der Anzahl der Heizgruppen im Ofen entspricht. Bei Unterteilung der Heizleistung in vier Gruppen und Verwendung eines Sechsfarbenschreibers sind also zwei Meßstellen für die Kastenzählvorrichtung frei. Es wird daher das Thermoelement einer Heizgruppe auf eine freie Meßstelle des Schreibers geschaltet und in diesen Meßkreis jeweils der entsprechende Vorschaltwiderstand gelegt. Der Schreibstreifen zeigt also sowohl die Temperaturen der vier Heizgruppen als auch die Zahl der beschickten Kästen sowie die gleichmäßige Beschickung an. Die sechste Meßstelle kann zu einer weiteren Kastenzählung am Auslauf des Ofens benutzt werden, um auf diese Weise dem Bedienungsmann unmöglich zu machen, mehrere Kästen hintereinander, mit einem langen Haken, aus der Kühlkammer herauszuziehen. Diese Art der Kastenzählung ist BBC geschützt worden.

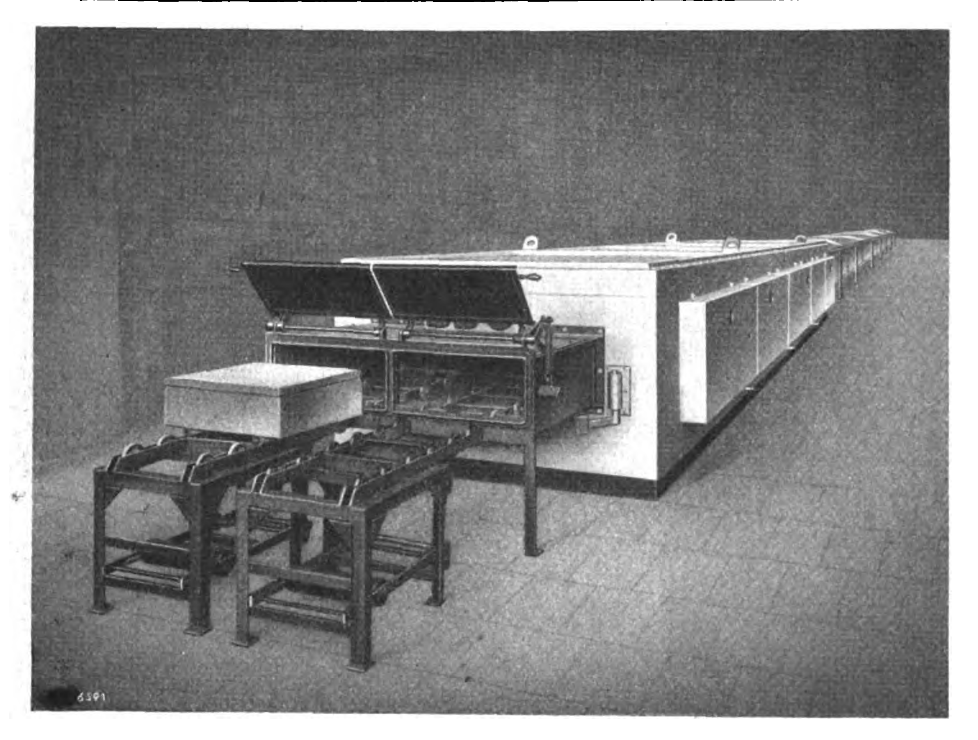


Bild 4. Doppelbahndurchgangsofen mit Schrittmacher-Schleppketten zum Blankglühen von Massenteilen in Förderkästen unter Schutzgas. Heizleistung 360 kW, Nenntemperatur 950° C, Gesamtbaulänge 3300 mm (Montageaufnahme).

Da in vielen Fällen der für die Aufstellung eines geraden Durchgangsofens erforderliche Platz nicht zur Verfügung steht, wurde eine weitere Bauform mit etwa halber Baulänge entwickelt (Bild 3). Dies ist ein Durchgangsofen mit Umkehrkammer. Das Glühgut geht durch das beheizte Ofenteil und eine kurze anschließende Kühlkammer und wird dann in eine parallel zum Ofen liegende Kühlkammer umgesetzt und in entgegengesetzter Richtung weiterbefördert bis zum Ofenauslauf. Das Umsetzen der Kästen wird selbsttätig eingeleitet, sobald ein Kasten in die Umkehrkammer eingeschoben wird. Die als Greifer mit Parallelogrammführung ausgebildete Umsetzvorrichtung hebt den Kasten von der Rollbahn des Ofens auf die Rollbahn der Kühlkammer. Von dort wird dieser Kasten wieder mit einer Schleppkette in die Kühlkammer gedrückt. Hat der Kasten die Umkehrkammer verlassen, dann geht der Greifer in seine Ausgangslage zurück. Durch Anbringen verschiedener Endschalter ist eine vollständige Verriegelung der einzelnen Bewegungsvorgänge gegeneinander und damit größte Betriebssicherheit erreicht. Die Umsetzkammer ist selbstverständlich so wie der ganze Ofen vollkommen gasdicht ausgeführt. Die beiden schrägen Begrenzungsflächen sind als leicht abnehmbare Deckel ausgebildet, um die Umsetzvorrichtung bequem zugänglich zu machen. Die Endschalter und ihre Betätigungshebel liegen alle außerhalb der Kammer und können leicht eingestellt und überprüft werden. Der Vorteil des Durchgangsofens mit Umkehrung besteht nicht nur in der geringen Baulänge, sondern auch darin, daß die Rückbeförderung der leeren Kästen wegfällt, weil Beschikkung und Entnahme unmittelbar nebeneinander liegen. Allerdings bedingt diese Bauart eine sorgfältige Getrennthaltung zwischen ungeglühtem und geglühtem Werkstoff.

Eine weitere Bauform des Durchgangsofens ist aus Bild 4 ersichtlich. In diesem Ofen sind zwei nebeneinander liegende und getrennt angetriebene Rollbahnen mit zugehörigen Schleppketten eingebaut und auf diese Weise ein Ofen mit doppelter Erzeugung bei gleicher Baulänge und gleichen Glühzeiten geschaffen.

Der Durchgangsofen mit Schrittmacherförderkette wird vorzugsweise zum Glühen von Hülsen verwendet. Der Vorteil der Schleppkette besteht im wesentlichen darin, daß erstens die Kette selbst dauernd im Ofen bleibt und nur am Ende des Ofens jeweils ein Kettenglied aus dem beheizten Teil in die Kühlkammer und wieder zurückgeschoben wird und einem Temperaturwechsel ausgesetzt ist; zweitens ermöglicht die Schleppkette auch die Förderung einzelner Kästen, was besonders dann wichtig ist, wenn Glühproben mit neuem Werkstoff durchgeführt werden sollen; drittens ist der Antrieb der Schleppkette denkbar einfach und der Verschleiß nach den bereits vorliegenden mehrjährigen Betriebsergebnissen bei Wahl des richtigen hitzebeständigen Werkstoffes äußerst gering. Die zahlreichen, bereits ausgeführten Öfen dieser Bauart haben sich im ununterbrochenen Dauerbetrieb bestens bewährt. Durch Wahl entsprechend leicht gebauter Förderkästen und damit Verringerung des Totgewichtes ist der spezifische Eigenverbrauch möglichst klein gehalten.

Eine neuartige Meßwandler-Prüfeinrichtung

Von Walter Ritter, Berlin

DK 621.317 : 621.314.22

Die Prüfung von Wandlern auf ihre Meßgenauigkeit beschränkt sich nicht auf fabrikneue Wandler, sondern es ist auch erforderlich, Betriebswandler in gewissen Zeitabständen zu prüfen, da ihre Meßgenauigkeit durch Betriebseinflüsse, wie Netzkurzschlüsse, Überspannungen, Öffnen des Sekundärkreises u. a. m. beeinträchtigt werden kann. So sind es neben den Laboratorien und Prüffeldern der Wandlerhersteller die Prüfämter und Eichstationen der Elektrizitäts- und Industriewerke, die sich mit der Prüfung von Wandlern zu befassen haben. Um den oft sehr umständlichen und zeitraubenden Ausbau von Betriebswandlern zu vermeiden, sollen die Prüfungen nicht nur im Prüfraum, sondern auch am Einbauort der Wandler ausgeführt werden können. In Verbindung mit den Fehlermessungen ist es erwünscht, auch die Betriebsbürde, die sich aus den angeschlossenen Geräten und den Meßleitungen zusammensetzt, in einfacher Weise ermitteln zu können.

Diese Forderungen werden weitgehend von der neuen tragbaren AEG-Meßwandler-Prüfeinrichtung erfüllt[1]. Neben der Wandlerprüfung gestattet sie eine unmittelbare Bürdenmessung ohne ein besonderes Zusatzgerät

[1] AEG-Mitt. (1940) S. 224.

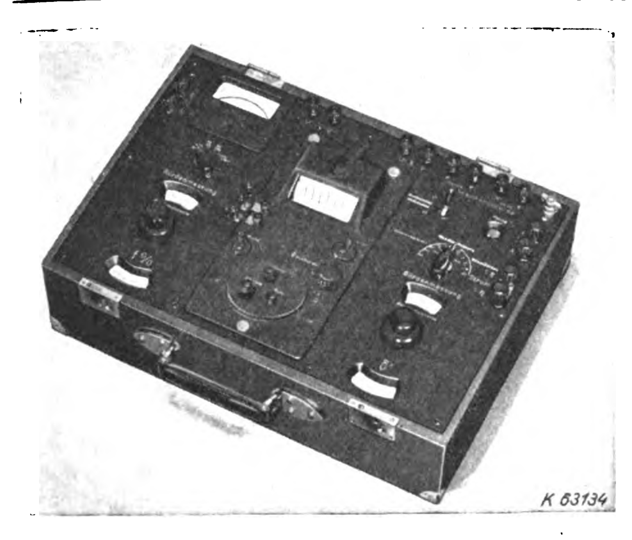


Bild 1. AEG-Meßwandler-Prüfeinrichtung.

und ist darüber hinaus noch unmittelbar als komplexer Wechselstromkompensator zu verwenden. Weiterhin steht das als Nullgerät verwendete Nadel-Vibrationsgalvanometer auch als selbständiges Gerät für andere Meßzwecke zur Verfügung. Alle Teile zur Wandlerprüfung und Bürdenmessung sind, abgesehen von den Normalbürden, in einem handlichen Koffer untergebracht (Bild 1).

Die grundsätzliche Schaltung baut sich auf dem bekannten und bewährten Prüfverfahren nach Hohle[2]) auf, das den zu prüfenden Wandler mit einem Normalwandler gleicher Nennübersetzung vergleicht. Der Schaltungsaufbau ist bei der neuen Prüfeinrichtung so getroffen, daß Wandlerprüfung und Bürdenmessung in der gleichen äußeren Schaltung erfolgen, so daß beim Übergang auf Bürdenmessung keine Umklemmungen erforderlich sind. Bei der Stromwandlerprüfung (Bild 2, Schalterstellung *1*) wird der vom Differenzstrom (Fehlerstrom) am Diagonalwiderstand hervorgerufene Spannungsabfall gegen die um 90° gegeneinander verschobenen Schleifdrahtspannungen über ein Nullgalvanometer kompensiert. Die Schleifdrahtspannungen stellen dann ein Maß für den Übersetzungsfehler und für den Fehlwinkel dar. Zur 90°-Verschiebung wird eine Kunstschaltung angewendet, die auf der Tatsache beruht, daß die Summe und die Differenz zweier gleich großer, gegeneinander verschobener Ströme senkrecht aufeinanderstehen. Die Schleifdrähte werden mit Rücksicht auf die Bürdenmessung nicht unmittelbar, sondern über Isolierwandler gespeist. Bei der Strombürdenmessung (Schalterstellung *2*) werden Bürde und Schleifdrahtwandler vom Sekundärstrom des Wandlerprüflings durchflossen. Wirk- und Blindkomponente der

[2]) Arch. Elektrotechn. 27 (1933) S. 849; Phys. Z. 35 (1934) S. 844; Phys. Z. 38 (1937) S. 389.

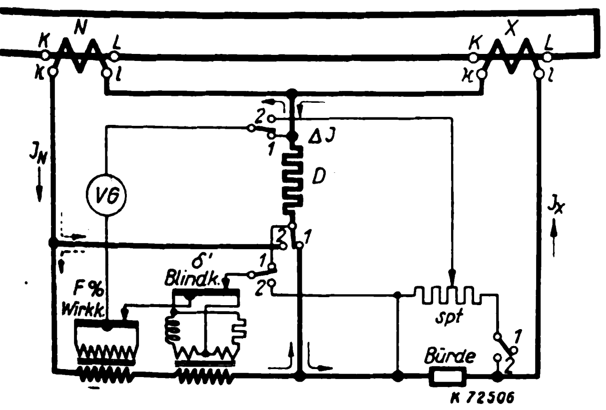


Bild 2. Grundsätzliche Schaltung der Stromwandlerprüfung und Strombürdenmessung.

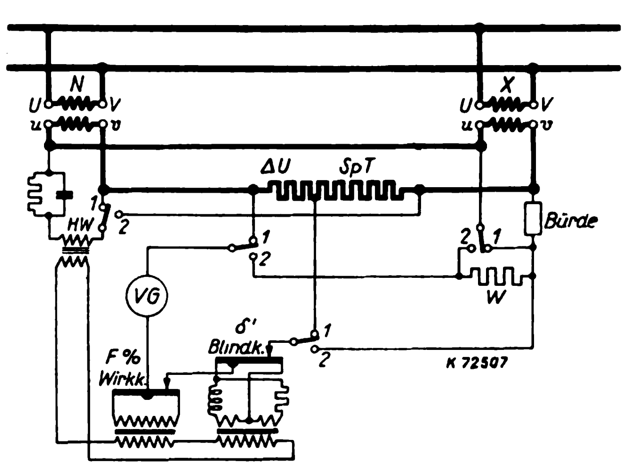


Bild 3. Grundsätzliche Schaltung der Spannungswandlerprüfung und Spannungsbürdenmessung.

Bürde werden durch Kompensation des Spannungsabfalles eines parallel zur Bürde liegenden Spannungsteilers nach Art eines komplexen Wechselstromkompensators ermittelt.

Bei der Spannungswandlerprüfung (Bild 3, Schalterstellung *1*) wird ein Teil der Differenzspannung zwischen Normalwandler und Prüfling, die an einem Spannungsteiler liegt, kompensiert, wobei die Schleifdrahtwandler über einen Hilfswandler vom Normalwandler gespeist werden. Die Messung der Spannungsbürde in Blind- und Wirkleitwerte (Schalterstellung *2*) erfolgt in der Weise, daß der vom Bürdenstrom an einem Widerstand hervorgerufene Spannungsabfall ausgemessen wird.

Um den Übergang von Wandlerprüfung auf Bürdenmesser noch weiterhin zu vereinfachen, sind die verschiedenen Schalter zu einem einzigen Vielfachschalter vereinigt, der auch gleichzeitig zur Einstellung der verschiedenen Strom- und Spannungsbürden-Meßbereiche dient. Zur Bürdenmessung ist also lediglich dieser Drehschalter von „Wandlerprüfung" auf den entsprechenden Bürdenmeßbereich zu stellen.

Das weiterentwickelte und verbesserte Vibrationsgalvanometer[3]), das auf der von Rump angegebenen Bauart fußt, ist mit allem Zubehör einschließlich einem Beleuchtungsumspanner als selbständiges Gerät in einem besonderen Gehäuse eingebaut (Bild 4). Dieses läßt sich nach Lösen der Verbindungslaschen und einiger Befestigungsschrauben aus dem Prüfkoffer herausnehmen, so daß das Gerät in bequemer Weise auch für andere Meßzwecke

[3]) Phys. Z. 40 (1940) S. 493; AEG.-Mitt. (1940) S. 240.

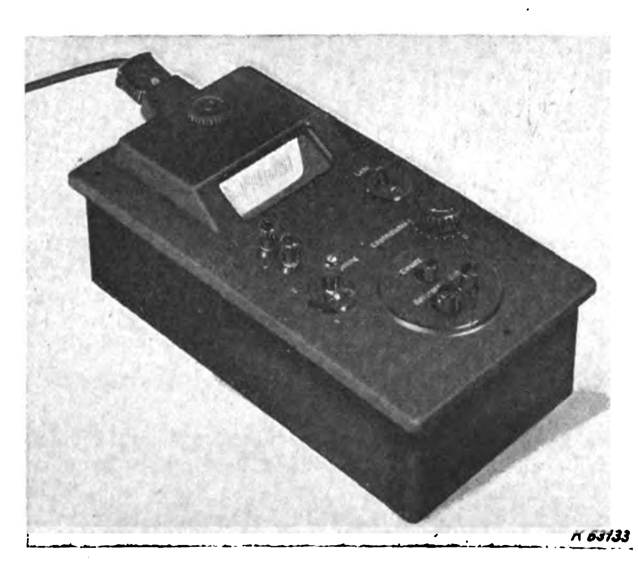


Bild 4. Vibrationsgalvanometer aus der Wandlerprüfeinrichtung herausgenommen.



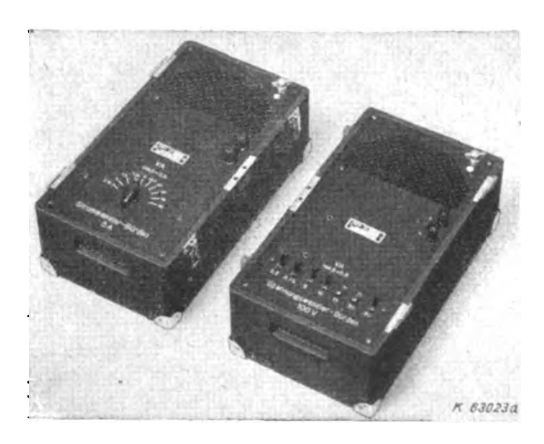


Bild 5. Normal-Strom- und Spannungsbürde.

verwendet werden kann, wobei sein großer Frequenzbereich von besonderem Vorteil ist. Der normale Nadeleinsatz ist für Frequenzen zwischen 15 und 70 Hz geeignet. Bei entsprechenden Einsätzen (Frequenzumfang je Einsatz etwa 50 Hz) kann es sogar für Frequenzen bis 1000 Hz verwendet werden. Durch eine außerordentlich helle Lichtmarke wird die Ablesung wesentlich erleichtert. Die Handhabung, wie Resonanzabstimmung, Auswechseln der Einsätze, Bildeinstellung u. a., bereitet keine Schwierigkeiten.

werden, indem man sie über den für die Spannungsbürdenmessung verwendeten Widerstand leitet und den Spannungsabfall kompensiert.

Die wichtigsten Kennwerte der neuen Prüfeinrichtung sind in der Tafel 1 zusammengestellt. Meßgenauigkeit und Empfindlichkeit sind so groß, daß sowohl Betriebswandler als auch Wandler höchster Genauigkeit geprüft werden können. Trotz unmittelbarer Verwendung als Bürdenmesser sind Abmessungen und Gewicht als gering zu bezeichnen, so daß sich die Prüfeinrichtung bequem transportieren läßt.

Von einem Einbau der Normalbürden[4]) wurde mit Rücksicht auf Abmessungen und Gewicht des Prüfkoffers bewußt abgesehen, zumal auch bei Prüfungen am Einbauort die Wandler in den meisten Fällen mit der Betriebsbürde belastet werden. Die Bürden sind in handliche Holzkästen (Bild 5) eingebaut und haben einen hohen Belastungsbereich. Die Strombürden umfassen in acht mit einem Drehschalter einstellbaren Stufen einen Bereich von 3,75 bis 90 VA. Besonders bemerkenswert ist der Aufbau der Spannungsbürden. Sie haben sieben mit Kippschalter getrennt einstellbare Stufen (2,5/2,5/5/10/20/30/30 VA), die sich nach Art eines Gewichtssatzes beliebig zusammenstellen lassen, so daß alle Belastungswerte zwischen 2,5 und 100 VA in Abständen von 2,5 zu 2,5 VA erzielt werden können.

Auch der fertiggeschaltete Prüftisch (Bild 6) besitzt einige besonders erwähnenswerte Neuerungen, die zur

Tafel 1. Kennwerte der Meßwandler-Prüfeinrichtung für eine Eichfrequenz von 50 Hz.

Strom- und Spannungsbereiche	Wandlerprüfung						Bürdenmessung		
	Meßbereiche		Meßgenauigkeit		Ablesegenauigkeit		Meßbereiche		Meßgenauigkeit im Mittel
A bzw. V	Übersetz.-Fehler %	Fehlwinkel min	Übersetz.-Fehler %	Fehlwinkel min	Übersetz.-Fehler %	Fehlwinkel min	Strombürden Ω	Spannungsb. × 10⁴ Siemens	%
1 u. 5 A 100/√3, 110/√3 100, 110 V	± 2 ± 10	— 40 ··· + 120 — 200 ··· + 600	± 0,015 ± 0,075	± 1 ± 5	± 0,001 ± 0,005	± 0,05 ± 0,25	0,3/1/3/ 10/100	10/30/100/ 300/1000	± 1%

Abmessungen in mm: 200 × 390 × 550. Gewicht etwa 18 kg

Zur schnellen und bequemen Abgleichung der Prüfeinrichtung besitzen die Schleifdrähte Grob- und Feinantrieb. Die Schleifdrahtskalen tragen besondere Teilungen für die Wandlerprüfung und für die Bürdenmessung, die an getrennten Skalenfenstern ablesbar sind.

Eine weitere bemerkenswerte Neuerung stellen zwei Potential-Kontaktbuchsen dar, durch die die zusätzliche Belastung des Prüflings infolge langer Anschlußleitungen berücksichtigt werden kann oder auch Teilbürden ausgemessen werden können. Beim Einstöpseln zweier Stecker, die durch zwei Potentialleitungen z. B. mit den Sekundärklemmen des Prüflings verbunden sind, wird der zur Strombürde parallel liegende Spannungsteiler von den Strombürdeklemmen abgetrennt, so daß jetzt der Spannungsabfall an den Sekundärklemmen des Prüflings, also die gesamte Belastung, ausgemessen wird.

Zur Strom- und Spannungsanzeige ist ein Meßgerät eingebaut, dessen Skala in Bruchteile des Nennstromes bzw. der Nennspannung geteilt ist. Zur Einstellung der verschiedenen Strom- und Spannungsbereiche dient ein Drehschalter, mit dem auch gleichzeitig die inneren Umschaltungen von Strom- auf Spannungswandlerprüfung bzw. von Strom- auf Spannungsbürdenmessung ausgeführt werden.

Eine weitere wesentliche Neuerung bedeutet die unmittelbare Anwendung der Prüfeinrichtung als komplexer Wechselstromkompensator. Zur Kompensation kleiner Spannungen stehen die Schleifdrahtspannungen unmittelbar zur Verfügung. Höhere Spannungen (bis 300 V) werden über die Potentialbuchsen ausgemessen. Weiterhin können auch Ströme (bis 10 A) unmittelbar gemessen

Vereinfachung der Prüfung und zur Verhinderung von Fehlschaltungen beitragen[5]). Für Ströme bis 1500 A und Spannungen bis etwa 30 kV ist ein Regelumspanner mit Netzschütz einschließlich Druckknopfbedienung, thermischer Überstromauslösung und Signallampe eingebaut. Die Sekundärspannung, die ebenso wie der Sekundärstrom durch zwei eingebaute Meßgeräte angezeigt wird, ist über besondere Klemmen auch für andere Zwecke, z. B. zum

[4]) AEG-Mitt. (1940) S. 237.
[5]) AEG-Mitt. (1940) S. 234.

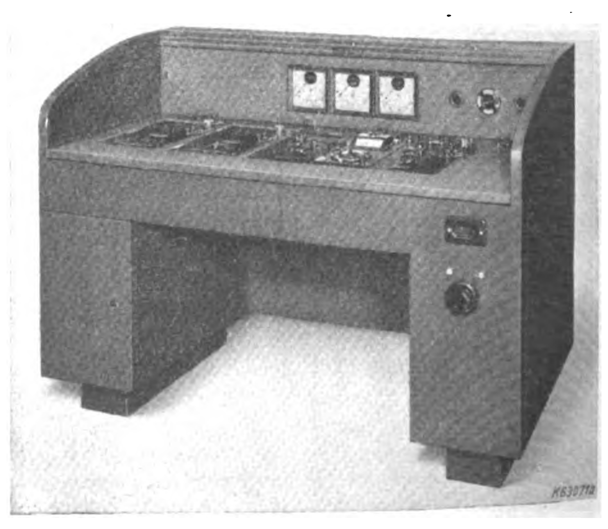


Bild 6. Meßwandler-Prüftisch.

Entmagnetisieren, zugänglich. Der besseren Beobachtung wegen kann ein zusätzliches Meßgerät zur Anzeige des Wandlerstromes bzw. der -spannung in die Frontplatte eingebaut werden. Durch zusätzlich eingebaute Bürden wird der Spannungsbürdenbereich auf 600 VA erhöht. Besondere Steckeranschlüsse für die Wandler und für den Hochstrom- bzw. Spannungsumspanner schützen vor Fehlschaltungen, ebenso vermeiden Verriegelungskontakte stoßartige Belastungen der Wandler.

Abschließend kann gesagt werden, daß die neue Meßwandler-Prüfeinrichtung einschließlich Bürden und Prüftisch mit ihren meßtechnischen Vorzügen und ihrer vielseitigen Verwendbarkeit allen Anforderungen entspricht, die heute an solche Geräte gestellt werden.

Scheinverbrauchzähler

Von P. Paschen VDE, Nürnberg

DK 621.317.785

Der Scheinverbrauchzähler ist für solche Verbraucher bestimmt, bei denen eine Verrechnung nach der höchsten in Anspruch genommenen Scheinleistung, also nach dem Scheinverbrauchmaximum vorgenommen wird. Das Wichtigste an einem Scheinverbrauchzähler ist mithin der Anbau eines anzeigenden oder schreibenden Maximumwerkes, während auf ein kVAh-Zählwerk verzichtet werden könnte. Wenn der Zähler dann schließlich auch noch mit diesem ausgerüstet wird, so geschieht es deshalb, weil man gelegentlich durch einen Vergleich mit dem kWh-Zählwerk des Wirkverbrauchzählers eine Vorstellung von dem mittleren Leistungsfaktor erhalten will, ohne damit die Verrechnung beeinflussen zu wollen. Dachten doch manche Werke, mit der Verrechnung nach dem Scheinverbrauchmaximum auch erzieherisch auf die Strombezieher bezüglich der Verbesserung des Leistungsfaktors einwirken zu können.

Die Entwicklung der Scheinverbrauchzähler ist unter Anwendung der in der Praxis gemachten Erfahrungen zu einem gewissen Abschluß gekommen, so daß jetzt wohl die Zeit ist, darüber zu berichten. Ihre Verwendung war, solange nur die Kompromißlösung des Scheinverbrauchzählers mit Kunstschaltung vorlag, zögernd in Gang gekommen und großen Schwankungen unterworfen. Erst seitdem neben der Kompromißlösung auch theoretisch richtige Geräte, und dazu in letzter Zeit noch die für Fern- und Summenzählung entwickelt wurden, kann eine steigende Verwendung festgestellt werden. Sie läßt sich kurz wie folgt kennzeichnen:

Für Großabnehmer, bei denen der höhere Preis des Zählers tragbar ist und eine genaue Erfassung des Scheinverbrauchmaximums gefordert wird, verwendet man die theoretisch richtigen Geräte, während für kleinere Abnehmer die einfacheren Scheinverbrauchzähler in Kunstschaltung genügen.

Scheinverbrauchzähler in Kunstschaltung

Der Scheinverbrauchzähler[1]) mit Kunstschaltung wird als bekannt vorausgesetzt. Er erhält in der Regel eine innere Abgleichung auf etwa 135° und zeigt dann innerhalb des Bereiches von $\cos\varphi = 0{,}4$ bis 0,9 mit einem zusätzlichen Fehler von ± 3 % an. Äußerlich gleicht er einem normalen Drehstromzähler, und es ist über ihn technisch nichts Neues zu berichten, weil er grundsätzlich unverändert geblieben ist. Dagegen dürfte es wissenswert sein, welche Gründe für die steigende Verwendung maßgebend waren.

Eingehende Versuche der Elektrizitätswerke haben gezeigt, daß in den weitaus meisten Anlagen, für die die Scheinverbrauchzähler in Kunstschaltung in Frage kommen, der Leistungsfaktor sich innerhalb der Grenzen hält, für die der Zähler bestimmt ist, also innerhalb des Bereiches von 0,4 bis 0,9. Wenn bei einigen Anlagen dieser Bereich zeitweise überschritten wurde, so trat dies nur bei kleinen Leistungen auf, die ohnedies auf die Angaben des Maximums ohne Einfluß bleiben. Unter solchen Voraussetzungen bestanden keine Schwierigkeiten, mit dem Strombezieher einen Stromlieferungsvertrag abzuschließen, bei dem die Leistungsgebühr auf den Angaben eines solchen Scheinleistungzählers mit anzeigendem Maximumwerk aufgebaut war. Wenn schon der eine oder andere Abnehmer trotz allem der Meinung ist, daß sein Leistungsfaktor in einem größeren Bereich als von 0,4 bis 0,9 schwankt, so würde er das nicht beanstanden, weil das einem preislichen Vorteil für ihn gleichkäme. Umgekehrt weiß das Elektrizitätswerk, daß solche Belastungszustände entweder überhaupt nicht auftreten, oder doch so selten, daß sie sich verrechnungstechnisch nicht auswirken.

Scheinverbrauchzähler mit Kugelgetriebe

Für die eingangs erwähnten Großabnehmer liegen die Verhältnisse anders. Hier wird eine größere Meßgenauigkeit verlangt, und aus diesem Grunde kann ein zusätzlicher Fehler von ± 3 %, der durch das Meßverfahren bedingt ist, nicht in Kauf genommen werden. Außerdem will man, daß bei allen Phasenverschiebungen und, wenn schreibende Maximumwerke verwendet werden, auch bei kleinen Leistungen einwandfrei gemessen wird. Der einzige auf dem Markt befindliche theoretisch richtig anzeigende Scheinverbrauchzähler besitzt einen Wirkverbrauchzähler und einen Blindverbrauchzähler, deren Ankerumdrehungen durch ein besonderes Getriebe, das sogenannte Kugelgetriebe, geometrisch addiert werden. Er führt deshalb den Namen „Scheinverbrauchzähler mit Kugelgetriebe". Nachdem er in steigendem Maße verwendet wird, soll seine Arbeitsweise hier beschrieben werden.

Bild 1 zeigt in schematischer Darstellung das Kugelgetriebe, mit dem die geometrische Addition des Blind- und Wirkverbrauches vorgenommen wird. Zwei Reibrollen, eine vom Wirkverbrauchzähler, die andere vom Blindverbrauchzähler angetrieben, sind so gelagert, daß ihre Drehachsen in einer Ebene, und zwar um einen Winkel von 90° gegeneinander verdreht liegen. Die Reibrollen berühren unter einem bestimmten Druck den in der gleichen Ebene liegenden größten Kugelkreis. Der Durchmesser der Kugel ist so bemessen, daß die Berührungspunkte der beiden Reibrollen auf dem größten Kreis einen Winkel von 90° einschließen. Wie der Berührungsdruck

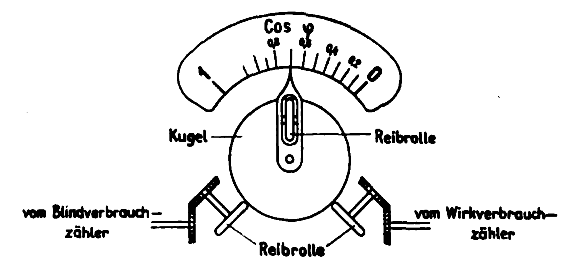


Bild 1. Schematische Darstellung des Kugelgetriebes für den Scheinverbrauchzähler.

[1]) W. Beetz, Arch. techn. Messen J. 752/5, April 1937.

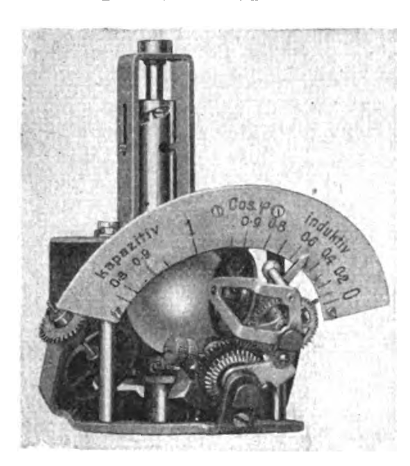


Bild 2. Ansicht des Kugelgetriebes.

in Wirklichkeit hergestellt wird, soll später erklärt werden. Wenn die Kugel von nur einer der beiden Reibrollen angetrieben wird, nehmen wir einmal an vom Wirkverbrauchzähler, so dreht sie sich um eine Achse, die durch den Berührungspunkt der stillstehenden Reibrolle geht. Treibt jedoch nur die vom Blindverbrauchzähler angetriebene Reibrolle an, dann dreht sich die Kugel um eine Achse, die durch den Berührungspunkt der anderen Rolle geht. Jedesmal macht der senkrecht zur Drehachse liegende größte Kreis der Kugel eine Drehbewegung, bei der seine Umfangsgeschwindigkeit gleich der Antriebsgeschwindigkeit ist. Die beiden geschilderten Antriebsverhältnisse treten aber nur dann auf, wenn der Leistungsfaktor *1* oder *0* ist. Was geschieht aber, wenn beide Reibrollen gleichzeitig angetrieben werden? Dann macht die Kugel eine Drehbewegung um eine Achse, die zwischen den beiden vorher beschriebenen Grenzfällen liegt, und die Umfangsgeschwindigkeit des zur Drehachse senkrecht liegenden größten Kreises ist gleich der geometrischen Summe der beiden Antriebsgeschwindigkeiten; sie ist also proportional der Scheinleistung. Die Lage der Drehachse ist dabei eine trigonometrische Funktion der beiden Antriebsgeschwindigkeiten. Wenn durch eine dritte Reibrolle die Bewegung am größten Kreis abgenommen wird, so dreht sie sich proportional der Scheinleistung. Es muß nur dafür gesorgt werden, daß die dritte Reibrolle sich immer richtig auf dem größten Kreis einstellt, wenn der Leistungsfaktor sich verändert. Das geschieht dadurch von selbst, daß die Rolle schwenkbar gelagert ist um eine Achse, die in dem Bild senkrecht steht und durch den Mittelpunkt der Kugel geht. Der Durchdringungspunkt dieser Achse auf der Kugeloberfläche und die Berührungspunkte der beiden Reibrollen bilden mithin ein rechtwinkliges gleichseitiges sphärisches Dreieck auf der Kugeloberfläche. Durch die richtige Wahl der Antriebsgeschwindigkeit ist erreicht, daß bei einer Änderung des Leistungsfaktors die Einstellung der schwenkbaren Reibrolle rasch vor sich geht und dadurch kein meßbarer Fehler auftritt. Die Lage der schwenkbaren Rolle kann

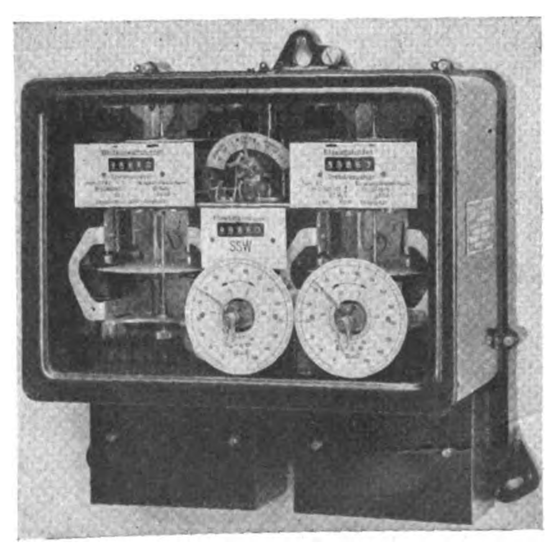


Bild 3. Zähler mit zwei Maximumwerken.

zur Anzeige des Leistungsfaktors herangezogen und an einer zweckmäßig in $\cos \varphi$ geteilten Skala abgelesen werden.

Wie ein solches Getriebe in Wirklichkeit aussieht, zeigt das Bild 2. Deutlich ist zu sehen, wie der Reibungsdruck erzielt wird. Die Kugel liegt mit ihrem Eigengewicht auf den drei Reibrollen, und dadurch ist auf einfachste Weise immer der richtige Druck gewährleistet. Der Leistungsfaktor kann auf der schrägliegenden Skala abgelesen werden. Sie erstreckt sich, von rechts nach links betrachtet, von induktiv 0 über 1 bis 0,8 kapazitiv. Bei kapazitiver Leistung kehrt der Blindverbrauchzähler seine Drehrichtung um.

Mit dem beschriebenen Kugelgetriebe war der Baustein gefunden, mit dem ein theoretisch richtiger Scheinverbrauchzähler hergestellt werden konnte. In Bild 3 sehen wir ein Gerät mit zwei anzeigenden Maximumwerken, eines für das Scheinverbrauchmaximum und eines für das Wirkverbrauchmaximum. Für größere Abnehmer, für die die Auswertearbeit eines schreibenden Maximumzählers gerechtfertigt ist, wird der Scheinverbrauchzähler mit s c h r e i b e n d e m M a x i m u m w e r k ausgerüstet. Es ist wohl einleuchtend, daß aus dem Schreibstreifen dieses Gerätes das Scheinverbrauchmaximum wesentlich einfacher ausgewertet werden kann, als aus den beiden Streifen eines Wirkverbrauch- und Blindverbrauchzählers mit schreibenden Maximumwerken. Bei diesen müssen für sehr viele Meßperioden die zu-

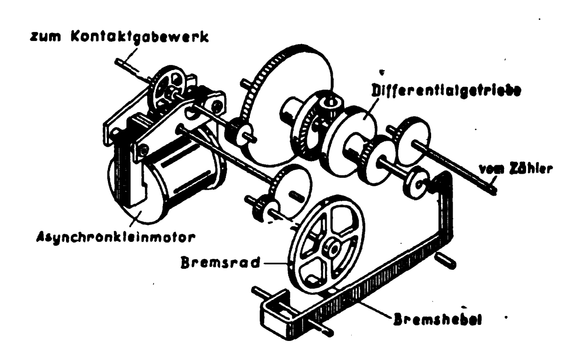


Bild 4. Schematische Darstellung des Kraftverstärkers.

sammengehörenden Aufzeichnungen geometrisch addiert werden, weil von vornherein nicht ersichtlich ist, welche Aufzeichnungen das Scheinverbrauchmaximum ergeben.

Die bis jetzt beschriebenen Scheinverbrauchzähler mit Kugelgetriebe sind schon seit einer Reihe von Jahren eingeführt, und sie haben ihre Brauchbarkeit erwiesen. Wie nicht anders zu erwarten, traten bald die Aufgaben der Summen- und Fernzählung in ihrer vielgestaltigen Form auf. Schon die erste Aufgabe, einen Scheinverbrauchzähler für zwei räumlich nebeneinanderliegende Speisepunkte, den sogenannten „D o p p e l s a m m e l - s c h i e n e n - Z ä h l e r mit schreibendem oder anzeigendem Maximumwerk" zu entwickeln, war nicht einfach zu lösen. Die dafür notwendige Zusammenfassung von zwei Wirkverbrauchzählern und zwei Blindverbrauchzählern in einem gemeinsamen Gehäuse führte bereits zu großen Abmessungen, wie sie in der Zählertechnik ungewöhnlich sind. Wenn daran dann noch ein schreibendes Maximumwerk angebaut werden sollte, so würde das Gerät geradezu unförmig ausfallen und seine Formgebung recht unbefriedigend werden. Erschwerend kam bei diesen in der Regel für große Anlagen bestimmten Zählern hinzu, daß fast immer neben dem schreibenden Maximumwerk für die Scheinleistung noch ein zweites für die Wirkleistung gefordert wurde. Aus diesen Gründen wurde von einem unmittelbaren Antrieb des Maximumwerkes durch die Zähler abgesehen und der Fernantrieb mit den bekannten für die Fern- und Summenzählung entwickelten Kontaktgabewerken gewählt. Nachdem aber der Antrieb eines Kontaktgabewerkes wohl durch einen normalen Zähler,

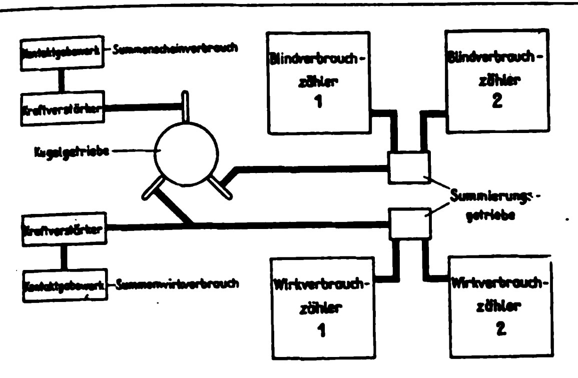


Bild 5. Schematischer Aufbau eines Scheinverbrauchzählers.

jedoch nicht durch die den Scheinverbrauch anzeigende dritte Reibrolle des Kugelgetriebes möglich ist, mußte noch ein Zwischenglied gefunden werden. Das war ein entsprechender „Kraftverstärker", der von der dritten Reibrolle gesteuert wird und der nun seinerseits die Kraft für den Antrieb des Kontaktgabewerkes abgibt. An Hand des Bildes 4, in dem der Kraftverstärker schematisch gezeichnet ist, soll seine Wirkungsweise erklärt werden.

Kraftverstärker

Wir sehen ein Differentialgetriebe, dessen linkes Sonnenrad von einem Asynchron-Kleinmotor und dessen rechtes Sonnenrad vom Zähler gedreht wird. Vom Motoranker wird weiterhin noch ein Bremsrad angetrieben, das durch einen von der Kreuzwelle des Differentialgetriebes gesteuerten Bremshebel festgehalten und freigegeben werden kann. Die Drehrichtungen sind so gewählt, daß die Bremse durch den Motor angezogen und durch den Zähler gelüftet wird. Der das Kontaktgabewerk antreibende Motoranker kann mithin nur soviel Weg zurücklegen, wie ihm vom Zähler aus vorgegeben wird. Der Zähler braucht jedoch für die Lösung der Bremse keine Kraft aufzubringen, denn die Kraftverhältnisse können so eingestellt werden, daß die Rückwirkung des Asynchron-Kleinmotors über das Differentialgetriebe auf den Zähler diesen nicht gerade antreibt, aber doch alle Reibungen übernimmt, die in dem Vorgelege vom Zähler zum Differentialgetriebe vorhanden sind.

Der Aufbau eines Scheinverbrauchzählers mit Kugelgetriebe für Anschluß an Doppelsammelschienen, wie ihn Bild 5 in schematischer Darstellung zeigt, ist folgender: Die beiden Wirkverbrauchzähler werden durch ein Summierungsgetriebe zusammengefaßt, und die Summenwelle dreht die erste Reibrolle, in der gleichen Weise die Summenwelle der Blindverbrauchzähler die zweite Reibrolle. Von der dritten Reibrolle und von der Summenwelle der beiden Wirkverbrauchzähler geht je ein Antrieb in die beiden Kraftverstärker und von da aus in die Kontaktgabewerke. Von diesen werden dann Stromimpulse ausgesendet, die in bekannter Weise Fernzählwerke mit schreibendem oder druckendem Maximumwerk antreiben.

Scheinverbrauch-Summenfernzählung

Mit dem Scheinverbrauchzähler für Anschluß an Doppelsammelschienen war der Summenzähler für zwei räumlich nahe nebeneinander liegende Summanden gefunden. Damit war aber nur eine Sonderaufgabe der so vielgestaltigen Summenzählung gelöst, die in Verbindung mit der Fernzählung heute ein wichtiges Mittel für die Lösung tariftechnischer und verrechnungstechnischer Probleme größter Stromabnehmer und der Elektrizitätswerke untereinander geworden ist. In der neuzeitlichen Fern- und Summenzählung kommen in der Regel wesentlich mehr als zwei Summanden zur Anwendung. Es sind schon Anlagen bis zu 50 Summanden ausgeführt worden. Die einzelnen Summanden liegen auch meistens nicht räumlich nahe beieinander, die Entfernungen zwischen ihnen können einige km, 100 km und noch mehr betragen. Die für solche verzweigte Anlagen gestellten Aufgaben können heute für Wirk- und Blindverbrauchzähler und zwar für die Feststellung des Wirk- und Blindverbrauch-Summenmaximums als gelöst betrachtet werden. Sobald aber das Scheinverbrauchmaximum gebildet werden soll, und das ist recht häufig der Fall, dann muß die schon vorher geschilderte, äußerst unangenehme Arbeit der Auswertung der Schreibstreifen des Wirkverbrauch- und Blindverbrauch-Maximumwerkes vorgenommen werden. Bei derartig großen Anlagen kommt außerdem noch hinzu, daß meistens nicht nur das Summenmaximum der gesamten Anlage festgestellt werden soll, sondern mitunter auch noch von Teilen der Anlage Teilsummen gebildet werden müssen, an denen ebenfalls durch Auswertung von Schreibstreifen das Scheinverbrauchmaximum festgestellt werden müßte. Es lag auf der Hand, daß von seiten der großen Elektrizitätswerke der dringende Wunsch geäußert wurde, dafür ein Gerät zu schaffen, das auch die Messung des Summen-Scheinverbrauchmaximums ohne zusätzliche Rechenarbeit ermöglicht.

Das Kugelgetriebe war von vornherein nicht ohne weiteres dazu geeignet, denn es arbeitet nur dann richtig, wenn die beiden antreibenden Rollen mit gleichmäßiger oder wenigstens in stetig sich ändernder Geschwindigkeit angetrieben werden. Bei der Fern- und Summenzählung treten aber Impulse auf, die einen unstetigen und stoßweisen Antrieb bedingen. Eine einfache Überlegung zeigt, daß dadurch Minusfehler auftreten, die bei 45° Phasenverschiebung am größten sind. Sie lassen sich auf einen vernachlässigbar kleinen Wert herabdrücken (etwa 1‰), wenn der Antriebsweg für jeden Impuls sehr klein gemacht wird. Die Reibrolle für den Scheinverbrauch läuft aber dann zu langsam, um von ihr aus unmittelbar den Antrieb eines schreibenden Maximumwerkes oder irgendeiner anderen Tarifeinrichtung bewerkstelligen zu können. An dieser Schwierigkeit ist bis vor kurzem jede praktische Ausführung eines Scheinverbrauchzählers für Fern- und Summenzählung gescheitert. Auch hier brachte der Kraftverstärker, der von der dritten Reibrolle gesteuert wird, die Lösung. Durch den Kraftverstärker wurde es möglich, die für die Genauigkeit erforderlichen kleinen Antriebswege wieder ins Schnelle zu übersetzen und für den Antrieb eines Kontaktgabewerkes zu verwenden. Die Scheinverbrauch-Summenfernzählung war damit ausführbar. Die äußere Form des Fernzähl-Scheinverbrauchkugelgetriebes zeigt Bild 6. Oben rechts ist das Kugelgetriebe angeordnet. Unter dem Kugelgetriebe liegen die beiden Empfangsrelais für Wirk- und Blindverbrauch, die durch Stromimpulse angetrieben werden. Diese werden in der Regel von einem der bekannten Summierwerke mit Summenkontaktgabewerk gegeben. Links neben dem Kugelgetriebe ist der vorher schon beschriebene

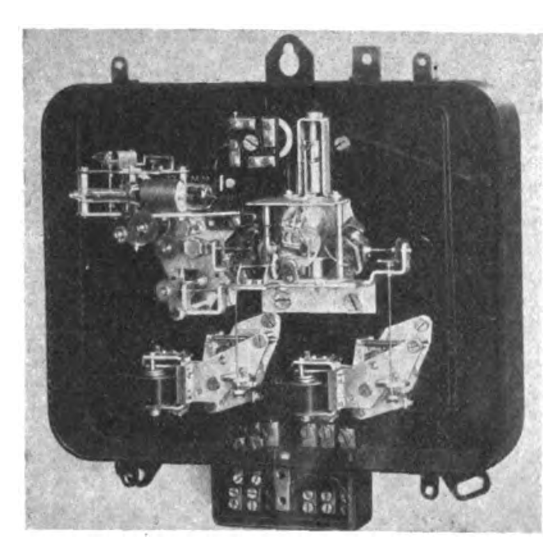


Bild 6. Fernzähl-Scheinverbrauch-Kugelgetriebe.

Kraftverstärker mit einem darüberliegenden Kontaktgabewerk angeordnet.

Das beschriebene Gerät ist auch dazu geeignet, auf einfache Weise den Scheinverbrauchzähler für vier Quadranten auszuführen, eine Aufgabe, die hin und wieder gestellt wurde. Dazu werden vier Zähler, und zwar für Bezug und Lieferung je ein Blind- und je ein Wirkverbrauchzähler eingebaut, die mit Rücklaufhemmungen und Rücklaufkontakten ausgerüstet sind. Jeder Zähler treibt ein Kontaktgabewerk an, das Stromimpulse auf das Empfangsrelais des Fernzähl-Scheinverbrauchkugelgetriebes gibt. Es werden aber immer nur die zwei dem Belastungszustand entsprechenden Zähler vorwärtslaufen und Impulse geben, die beiden anderen sind gegen Rücklauf gesperrt und schließen dabei Rücklaufkontakte. Diese steuern wiederum eine Relaiskombination, welche die vom Fernzähl-Scheinverbrauchkugelgetriebe ausgehenden Stromimpulse auf den richtigen Quadranten überweist. Für jeden Quadranten ist ein Fernzählwerk mit anzeigendem oder schreibendem Maximumwerk, insgesamt also vier derartige Geräte vorgesehen.

Mit dem Fernzähl-Scheinverbrauchkugelgetriebe, das auch verwickelte Aufgaben der Fern- und Summenzählung zu lösen gestattet, ist nun die Entwicklung vorerst zum Abschluß gelangt. Wir haben jetzt für die Messung des Scheinverbrauchmaximums wohl alles, was in der Praxis gebraucht wird: Vom einfachen Stromabnehmer, für den sich der Einbau eines Scheinverbrauchzählers in Kunstschaltung mit anzeigendem Maximumwerk gerade noch lohnt, bis zu den größten Abnehmern, die mit schreibendem oder druckendem Zähler arbeiten, sind jetzt Geräte vorhanden, die dem jeweiligen Bedürfnis angepaßt werden können. Sie sind nicht am grünen Tisch entstanden, sondern das Ergebnis einer fruchtbaren Zusammenarbeit zwischen den Elektrizitätswerken und der Herstellerfirma.

Neustofflacke im Isolationsaufbau

Von H. Burmeister, Berlin

DK 621.315.617.4

Über die Verwendung von Öl-Austauschstoffen in der elektrotechnischen Isolation liegen heute bereits große Erfahrungen[1]) vor, und es ist angebracht, sich einen Überblick über die Einsatzmöglichkeiten zu schaffen. Für den Isolationsaufbau benutzt man vorwiegend ofentrocknende Lacke, in deren Lackkörper modifizierte Kunstharze zum Austausch trocknender Öle eingetreten sind. Da Harzgrundstoffe wie Phenol-, Harnstoff- und Alkydharze im Gebrauch leicht verspröden, war es nötig, die molekulare Struktur aufzulockern; physikalische Mischungen von Harzen und Weichmachern befriedigten nicht allgemein[2]), erst durch den chemischen Einbau plastifizierender Stoffgruppen gelang es, den Anforderungen der Praxis nachzukommen.

Gegenüber den Ölharzen bieten die im Sinne einer Plastifizierung modifizierten Kunstharze gewisse Vorteile. Es sind dies besonders thermische und die damit zusammenhängenden deformationsmechanischen Eigenschaften[3]), die die Anwendung von Kunstharzen stark fördern und weitere aussichtsreiche Entwicklungsarbeiten bieten. Erst durch diese für die elastische Beanspruchung notwendigen Eigenschaften kann man die vom Lackfilm zu fordernden Leistungen erfüllen. Zur Elastizitätsbeanspruchung gehören Dehnbarkeit, Rückfederung und Härte der Harzfilme. Ferner muß auch ein gewisses Fließvermögen im Harzfilm selber vorhanden sein, um ein Abklingen von Kontraktionsspannungen bei fixierten Harzfilmen zu ermöglichen. Die Elastizitätseigenschaften müssen aber in einem gewissen Verhältnis zueinander stehen. Zu starke Rückfederung bei ungenügendem Fließvermögen würde infolge von Spannungen zu Störungen führen, auch muß die Härte des Lackfilmes so bemessen sein, daß Dehnbarkeit und Plastizität hierdurch nicht aufgehoben werden.

Die Notwendigkeit, die mechanischen Eigenschaften aufeinander abzustimmen, verpflichtet den Lackhersteller in engster Fühlungnahme mit dem Verbraucher die Isolierlacke den Anforderungen des jeweiligen Isolationsaufbaues anzupassen. Es ist wiederholt die Frage nach einer Vereinheitlichung der Lackrezeptur für den Isolationsaufbau aufgeworfen. Es ist sogar in Erwägung gezogen, mit einem Einheitslack die Bedürfnisse der Elektrotechnik zu befriedigen. Wenn man zu dieser Frage Stellung nehmen will, muß man sich vorerst über das Wesen des Isolationsaufbaues Klarheit verschaffen.

In der elektrotechnischen Isolation hat der Lack nicht nur das Wesen eines Anstriches, sondern er hat ganz bestimmte weitere Aufgaben zu erfüllen, nämlich den Leiter vor Berührung und Zutritt fremder Einflüsse zu schützen, den Stromdurchgang zu begrenzen und ihn in gewisse Wege zu lenken. Der Lack ist also ein Isolierstoff und fällt aus dem üblichen Rahmen der Lackindustrie überhaupt heraus. In der Isolationstechnik hat sich der Lack den Erfordernissen der bei den einzelnen Maschinen, Apparaten und Geräten unterschiedlichen Belastungen anzupassen.

Das besagt: Für die Maschinenisolation wird eine Leiterumhüllung durch Drahtlacke benötigt, die den thermischen Belastungen des Stromdurchganges widersteht. Für Hochfrequenzzwecke treten neben einer gewissen thermischen Belastung die dielektrischen Eigenschaften in den Vordergrund. In beiden Fällen hat der reine Harzfilm die Anforderungen der mechanischen, thermischen und elektrischen Belastung aufzunehmen. Bei der zweiten großen Gruppe, nämlich den Tränklacken, treten neben den rein elektrisch bedingten Grundforderungen die verarbeitungstechnischen Eigenschaften in den Vordergrund. Imprägnieren ist nur mit Harzen möglich, deren Viskosität durch bei der Behandlung benötigte Temperaturerhöhung nicht beeinflußbar ist. Neben Tränklacken für organische Bespinnung und der Wärmebeständigkeit der Wärmeklasse *A* werden für die anorganische Faserstoffisolation der Klasse *B* sowie auch für die Verfestigung des Glimmerisolation andere Lackarten benötigt. Letztere müssen z. B. bei der Mikanitherstellung beim Aufbringen starke Klebkraft gewährleisten und sich bei hohen Temperaturen ohne Bildung von leitender Kohle verflüchtigen. Bei der Mikafolienherstellung wiederum sind Lacke erforderlich, deren Klebkraft auch bei den hohen Bügeltemperaturen der Spulenumkleidung erhalten bleibt und an die besondere Forderungen hinsichtlich der Abhängigkeit der dielektrischen Verluste von der Temperatur gestellt werden.

Ganz besondere Voraussetzungen sind von den Tränklacken zu erfüllen, die zur nachträglichen Behandlung von Lackdrahtisolation dienen. Besonders in der heutigen Zeit der Umstellung der Drahtemaillen auf kunstharzangereicherte Lacke kann die Lösungsmittelfrage nicht schematisch geregelt werden. Tränklacke im Gebiete der Gewebeimprägnierung sind sowohl im Hinblick auf die Tränkverfahren als auch der mechanischen Verarbeitung anders zu beurteilen wie Tränklacke für Umspinnung. Bei Diagonalbändern als Beispiel einer erheblichen Dehnungsbelastung muß ein ab-

1) P. Nowak, Kunststoffe 28 (1938) S. 176.
2) A. Greth, Angew. Chem. 42 (1938) S. 719.
3) W. König, Kunststoff-Techn. 10 (1940) S. 126.



gestimmtes Verhältnis zwischen der Dehnbarkeit des Gewebes und der des Harzfilmes beachtet werden, für das der Lackaufbau ausschlaggebend ist.

Bei Blechlackierungen z. B. für Ständerbleche ist darauf Rücksicht zu nehmen, daß in den Trockenanlagen die Härtung in einer mit Lösungsmittel angereicherten Atmosphäre stattfinden kann. Hierfür sind besonders solche Lacke brauchbar, deren Härtung nicht oxydativ beeinflußt wird, sondern im Wege der Polymerisation vor sich geht.

Isolationsmäßig spielt eine weitere Lackgruppe eine Rolle, nämlich die pigmentierten Lacke. Diese Lacke können niemals als Anstrichfarben gewertet werden, da sie nicht der Oberflächenveredlung dienen, sondern eine bestimmte Spannungsfestigkeit bei gleichzeitiger Feuchtigkeitsbeständigkeit aufweisen müssen, um auch gewisse materialbedingte Schwächen der Isolierstoffe ausgleichen zu können. Hierher gehören auch die Lacke, welche z. B. als Kriechwegschutz dienen und die elektrische Betriebssicherheit von Geräten und Apparaten auf die Dauer gewährleisten sollen. Es gehören hierher auch Sonderlacke von nicht ausgesprochen isolierenden Eigenschaften, wie die z. B. im Glimmschutzgebiet gebräuchlichen Schutzanstriche.

Wenn man alle diese Erfordernisse berücksichtigt, muß man zu der Überzeugung kommen, daß es nicht möglich ist, mit einem Einheitslack diese Beanspruchungen zu erfüllen.

Die mit den zur Zeit im Handel befindlichen Drahtlacken hergestellten Lackdrähte[4]) entsprechen mit genügender Sicherheit den Vorschriften in DIN VDE 6450 und sind in der Dauerwärmebeständigkeit der Wärmeklasse A einzuordnen. Die Wärmebeständigkeit der Klasse B wird bisher nur in Einzelfällen erreicht. Modifizierte Kunstharze im Lackaufbau erfordern eine Ergänzung der Prüfverfahren nach DIN VDE 6450, besonders im Hinblick auf die Temperatur der Alterungsfestigkeit, und eine Messung der Druckwärmebeständigkeit. Wünschenswert ist auch eine zahlenmäßige Erfassung der Schabefestigkeit der Lackfilme an Stelle der bisher üblichen Abwischprobe. Kunstharzhaltige Filme zeigen besondere Vorteile in der Schabefestigkeit; Zahlenangaben hierüber sind wünschenswert, um diese Eigenschaften besonders zu fördern.

[4]) H. Burmeister, Kunststoffe 30 (1940) S. 12.

Die modifizierten Kunstharze haben die Lösungsverhältnisse des ausgehärteten Emailledrahtfilmes besonders gegen Spiritus und Benzole bzw. dessen Homologen etwas geändert, da einige der modifizierten Kunstharze gegenüber diesen Lösungsmitteln Löslichkeitsneigung zeigen. Auf diese unerwünschte Eigenschaft muß besonders hingewiesen werden.

Lackdrähte und die mit organischen Faserstoffen umsponnenen Leitungen müssen vorerst noch mit reinen Öllacken getränkt werden, da Kunstharzlacke infolge Viskositätszunahme selbst bei Temperaturen unter 80° noch gewisse Schwierigkeiten bereiten[5]).

Bei Decklacken für Oberflächenbehandlung können dagegen die vorteilhaften Eigenschaften der Kunstharze bereits voll ausgenutzt werden, sofern Alterungsfestigkeit gewährleistet ist. Ähnlich liegen die Verhältnisse bei den Tränklacken für die anorganischen Faserstoffe der Wärmeklasse B.

Bei Tränklacken für Gewebe, deren Verarbeitungsverfahren eine Steigerung der Viskosität nicht mit sich bringt, können die guten Eigenschaften der Kunstharze die des Ölfilms unterstützen. Wie oben schon erwähnt, sind neben der Alterungsfestigkeit die mechanischen Eigenschaften des Lackfilmes, besonders die Dehnbarkeit, wichtig. Den praktischen Erfordernissen ist bei einer entsprechenden Kombination von härtenden Ölen mit modifizierten Kunstharzen nachzukommen.

Blechlacke, z. B. Überzuglacke für Ständerbleche, waren bisher große Holzölverbraucher. Die Forderung nach sauerstofffreier Härtungsmöglichkeit wird den Einsatz polymerisierbarer oder kondensierbarer Harze begünstigen, sofern die Erfordernisse nach schneller Trocknung und nach den deformationstechnischen Eigenschaften erfüllt werden können.

Bei den pigmenthaltigen Lacken, die als Kriechstromschutz verwendet werden, können die phenolhaltigen Harze wegen ihrer geringen Kriechstromfestigkeit nicht genommen werden. Weil bei Einbauteilen Erneuerung des Anstriches nicht immer möglich ist, sind Lacke ausgesprochen guter Alterung notwendig. Auch für diese Lacke werden Ölkombinationen nach wie vor die Gewähr betriebssicherer Geräte zu leisten haben.

[5]) besonders in geschlossenen Großanlagen.

Supportschleifmaschinen

Von A. Schumann, Stuttgart

DK 621.941.31

Supportschleifmaschinen zählen zu den für den Klein- und Großbetrieb unentbehrlichen Elektrowerkzeugen. In Werkstätten und Fabrikationsbetrieben eines jeden Industrieunternehmens fallen Rundschleifarbeiten an. Wenn für diese Rundschleifarbeiten auch Spezial-Rundschleifmaschinen zur Verfügung stehen, so wird deren Beschaffung für eine Anzahl von Betrieben, in denen Schleifarbeiten nicht in genügendem Umfange vorhanden sind, nicht lohnenswert erscheinen. Hier gibt die elektrische Supportschleifmaschine, die auf den Support einer Drehbank aufgespannt wird, die Möglichkeit, Rundschleifarbeiten auszuführen. Aber auch dort, wo sich Schleifarbeiten an den Rundschleifmaschinen häufen, wird jeder Betriebsleiter es begrüßen, mit Hilfe von Supportschleifmaschinen auf verfügbaren Drehbänken zusätzliche Schleifarbeiten ausführen zu können, die bei guter Schleifleistung an Güte den auf Rundschleifmaschinen gefertigten Schleifarbeiten nicht nachstehen. Vorbedingung hierfür ist natürlich, daß eine einwandfreie Drehbank gewählt wird, da anderenfalls auch mit der besten Präzision-Supportschleifmaschine kein einwandfreier Schliff zu erzielen ist.

Neben Rund- und Innenschleifarbeiten auf Drehbänken (Bild 1) können jedoch auch Planschleifarbeiten auf Hobel- und Shapingmaschinen ausgeführt werden. Zwecks Erzielung eines Genauigkeitsschliffes wurde bei der Kon-

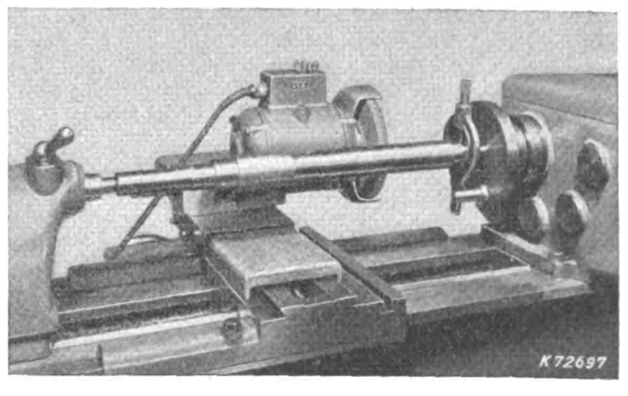


Bild 1. Schleifen einer Welle mittels Supportschleifmaschine auf einer Drehbank.



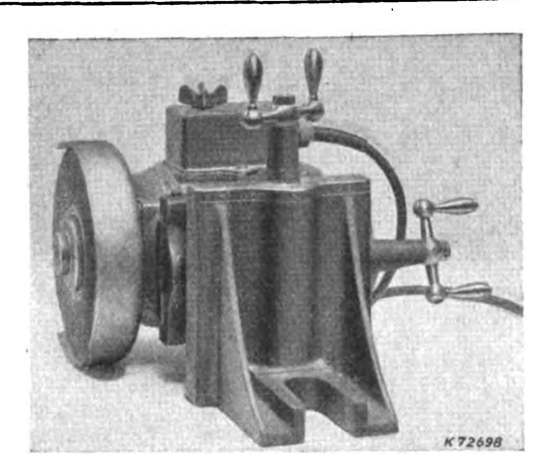


Bild 2. Drehstrom-Supportschleifmaschine mit kombiniertem Höhen-längssupport.

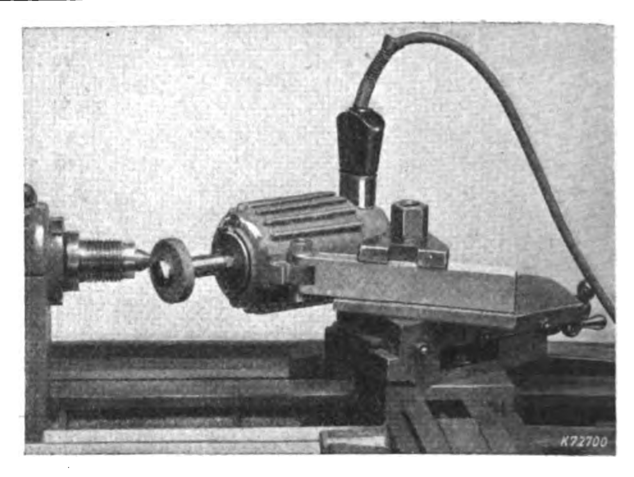


Bild 4. Universal-Spitzenschleifer beim Schleifen einer Drehbankspitze.

struktion auf kräftige Ausführung und einwandfreie Lagerung, die einen vibrationsfreien Lauf gewährleisten, besonderer Wert gelegt. Die Läufer in ihren Kugellagern werden dynamisch ausgewuchtet. Das axiale Kugellagerspiel der Schleifwelle ist einstellbar, um Zittermarken im Schliff zu vermeiden.

Der Sitz der Schleifscheibe auf der Schleifwelle ist konisch ausgebildet, wodurch sich ein einwandfreier Rundlauf der Schleifscheiben ergibt. Zum gleichen Zweck müssen selbstverständlich die Schleifscheiben abgezogen werden.

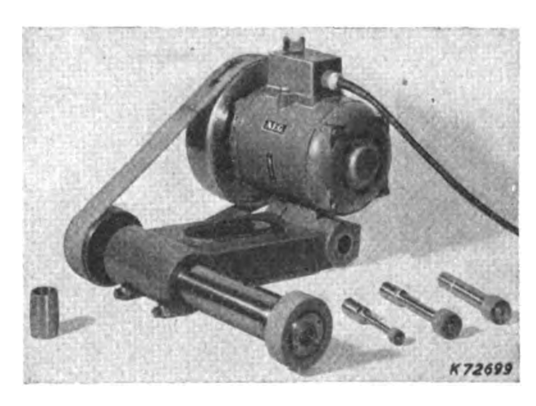


Bild 3. Support-Innenschleifvorrichtung mit getrennt gelagerter Hochleistungs-Innenschleifspindel.

Die AEG-Supportschleifmaschinen stehen für alle Stromarten in drei Größen von 250, 500 und 850 W zur Verfügung. Die Schleifscheiben werden zu zwei Dritteln ihres Umfanges von kräftigen Schutzhauben, entsprechend den Vorschriften der Berufsgenossenschaft, umfaßt, wie auch die Supportschleifmaschinen in allen ihren Teilen den VDE-Vorschriften für Elektrowerkzeuge entsprechen. Bemerkenswert sind die mannigfaltigen Ausstattungen der Maschinen. Die Gehäuse weisen eine bearbeitete Fläche mit lehrenhaltiger Nut auf, so daß als Befestigungselement mit entsprechender Führungsleiste wahlweise ein Vierkantschaft oder Aufspannwinkel, ein Höhen- oder Längssupport bzw. ein kombinierter Höhenlängssupport anmontiert werden können. Die erwähnte Nut in der Gehäusefläche sowie die Führungsleiste im Austauschteil gewährleisten jederzeit eine zur Motorachse parallele Befestigung.

Die Normalausführung der Supportschleifmaschinen weist den Vierkantschaft zur Befestigung im Stahlhalter des Drehbanksupports auf. Bei der verschiedenen Beschaffenheit der Drehbänke wird jedoch zuweilen ein Aufspannwinkel Vorteile bieten. Die Ausstattung mit Höhensupport hat den Vorzug, daß ein Unterlegen wie beim Vierkantschaft nicht notwendig ist, da durch den Höhensupport die Schleifmaschine mühelos auf Schleifmitte eingestellt werden kann. Die Ausstattung der Supportschleifmaschinen mit Längssupport gestattet ein leichteres und handlicheres Anstellen des Vorschubs als die Betätigung durch den schweren Drehbanksupport und ermöglicht auch das Schleifen auf Drehbänken ohne Längssupport. Bild 2 zeigt eine Supportschleifmaschine mit kombiniertem Höhenlängssupport.

Durch Aufbringen von Wellenaufsätzen können die Supportschleifmaschinen zusätzlich auch zum Innenschleifen kleiner Bohrungen Verwendung finden. Für größere Schleiftiefen kann ein entsprechender Innenschleifarm aufmontiert werden.

Sollen jedoch unter Ausnutzung der vom Schleifscheibenausschuß zugelassenen Umfangsgeschwindigkeiten Innenschleifarbeiten laufend und rationell durchgeführt werden, so wendet man Support-Innenschleifvorrichtungen mit getrennt gelagerter Hochleistungs-Präzisions-Innenschleifspindel an. Bei diesen trägt eine kräftige Aufspannvorrichtung einerseits die Innenschleifspindel und anderseits den zwecks Nachstellung des Riemenzuges in einer Wippe nachstellbar angeordneten Motor (Bild 3).

Die Drehzahlen dieser Innenschleifspindeln betragen bei Typen verschiedener Größenordnung 6400 bzw. 9600 U/min, während bei Verwendung von Wellenaufsätzen durch Austausch der Spindelriemenscheibe Drehzahlen von 18 000 und 28 800 U/min erreicht werden.

Es können auch Außenschleifarbeiten vorgenommen werden, wenn die Schleifscheibe entsprechend größer gewählt wird, wobei der Durchmesser der Schleifscheibe nicht mehr als 50 % des Durchmessers der größten Innenschleifscheibe betragen soll, wenn die Genauigkeit der Innenschleifarbeiten durch Überlastung der Sonderkugellager der Präzisions-Innenschleifspindel nicht leiden soll. Wird die Innenschleifvorrichtung zu Außenschleifarbeiten herangezogen, so ist das Aufbringen einer Schutzhaube nicht außer acht zu lassen.

Eine Sonderausführung der Supportschleifmaschine sind die Supportspitzenschleifer. Sie sind mit einem Universalmotor ausgestattet und werden zum Schleifen der Drehbankspitzen mit einem schwenkbar angeordneten Vierkantschaft in den Stahlhalter des Drehbanksupports gespannt. Die Schwenkbarkeit des Stahlhalters gestattet ein besseres Anstellen des Winkels beim Schleifen der Drehbankspitzen. Bild 4 zeigt das Schleifen einer Drehbankspitze mit einem Universal-Supportschleifer.

Weiterentwicklung des Leuchtenbaues — auch im Kriege

Von Werner A. Seelig, Berlin

DK 628.972

Die gesteigerten Anforderungen des Krieges an die Arbeitsmenge und Arbeitsgüte haben zwangsläufig dazu geführt, daß die Weiterentwicklung des Leuchtenbaues auch im Kriegsjahre 1940 keine Unterbrechung erfahren hat. Im Gegenteil sind die Aufgaben mit der fortschreitenden Notwendigkeit, sich auf deutsche Werkstoffe umzustellen, umfassender geworden und es kann im großen und ganzen festgestellt werden, daß mit der Umstellung auch eine weitere Verbesserung der Erzeugnisse erreicht wurde.

Anforderungen des Luftschutzes

Die Anforderungen des Luftschutzes haben sich auf dem Gebiete der Innenbeleuchtung dahin ausgewirkt, daß die mechanische Verdunkelung der Lichtaustrittsöffnungen — stärker als jemals zuvor angenommen werden konnte — ihre Bestätigung als bestmögliche Verdunkelung erfahren hat. Von den Maßnahmen der Einschränkung der Lichtleistung oder Begrenzung der Lichtverteilung an der einzelnen Leuchte ist man fast restlos abgegangen. Auch die Versuche mit Hilfe des Sperrfilterverfahrens Licht bestimmter Wellenlängen zu erzeugen und dieses durch einen tageslichtdurchlässigen Anstrich an den Fenstern soweit zu absorbieren, daß die Vorschriften der Verdunkelungsverordnung erreicht sind, mußten auf Sonderfälle beschränkt werden. Maßgebend hierfür war in erster Linie die ungünstige Beeinflussung der Tageslichtverhältnisse und die daraus folgende zwangsläufige Beschränkung der Stärke der künstlichen Beleuchtung, wenn man noch einigermaßen zufriedenstellende Durchlässigkeitswerte für das Tageslicht erhalten wollte.

Gut beleuchtete Arbeitsräume

Unter Voraussetzung einer ausreichenden mechanischen Verdunkelung der Lichtaustrittsöffnungen kann man aber auch im Kriege die in den Normen (DIN 5035) verlangten Beleuchtungsverhältnisse aufrecht erhalten und infolgedessen auch von den Fortschritten des Leuchtenbaues weiter Gebrauch machen. Sehr wichtig erscheint hierfür die psychologische Wirkung des gut beleuchteten Arbeitsraumes, gerade dann, wenn die Außenbeleuchtung zwangsläufig auf einen Mindestwert beschränkt werden muß. Die Entwicklungsrichtung des Jahres 1940 ging also dahin, nicht nur Leuchten für besonders hohe Lichtleistungen zu bauen, sondern auch die Formgebung der Leuchten, die Art der Lichtverteilung und die Baustoffe so auszuwählen, daß eine möglichst gute räumliche Wirkung erreicht wurde.

Büro- und Industriebeleuchtung

Für die Büro- und Industriebeleuchtung hat die Anwendung der Metalldampflampen weiter erhebliche Fortschritte gemacht. Unterstützt wurde diese Entwicklung durch die Einführung einer neuen Lampe mit Quecksilberentladung, bei der die Vorschaltung einer Drosselspule nicht mehr notwendig ist, weil als Beruhigungswiderstand ein Glühlampensystem gemeinsam mit der Gasentladungsröhre in einem Kolben untergebracht wird. Für kleinere Räume ist — unter Voraussetzung einer geregelten Netzspannung von 220 V und normalen Brennzeiten — damit eine Lichtquelle für tageslichtähnliche Beleuchtung geschaffen. Diese wird ihrerseits dazu beitragen, das eigentliche Mischlicht in seiner bekannten Anordnung von Glühlampen und Dampflampen weiter einzuführen und zu fördern. Zunächst bleibt für größere Räume und für die Lichtverteilungsarten, die verhältnismäßig hohe Lichtströme in der einzelnen Leuchte erfordern, das Mischlicht in seiner ursprünglichen Form weiter die günstigste Lichtquelle.

Aus dem Fertigungsprogramm der AEG zeigt Bild 1 eine neuentwickelte Glasleuchte, die geeignet ist, auch die Quecksilberdampf-Mischlichtlampe HWA 500 aufzunehmen. Da die Leuchte gleichzeitig auch für die Bestückung mit einer 300 W N-Lampe geeignet sein mußte, wurde für eine besondere Belüftung des Glaskörpers dadurch gesorgt, daß an der unteren Seite eine Öffnung angeordnet ist, die lose von einer polierten Abdeckkappe verschlossen wird. Eine gewisse Entlüftung besteht an der oberen Glashalterung. Im Laufe des Jahres 1940 wurde bekanntlich für die beleuchtungstechnische Spezialindustrie zur Erhöhung ihrer Schlagkraft eine Typenbeschränkung durchgeführt. Diese verbietet beispielsweise die Herstellung von Deckenleuchten mit sichtbaren Metallteilen und hat damit die Entwicklungsgrundlagen für die oben gezeigte Leuchte gegeben. Entgegen früheren Ausführungen wird ein flacher Deckenteller verwendet, der die Fassung trägt und durch ein Scharnier die einfache aber betriebssichere Halterung des Glases bietet. Besonders bemerkenswert ist es, daß die ursprünglich im Interesse der Werkstoffersparnis vorgeschriebene Maßnahme auch zu einer beachtlichen beleuchtungstechnischen Verbesserung geführt hat. Es wird nämlich vermieden, daß die durch den Metallhalterand früher üblichen Schatten entstehen. Dadurch wird eine sehr viel höhere und gleichmäßigere Aufhellung der Decke

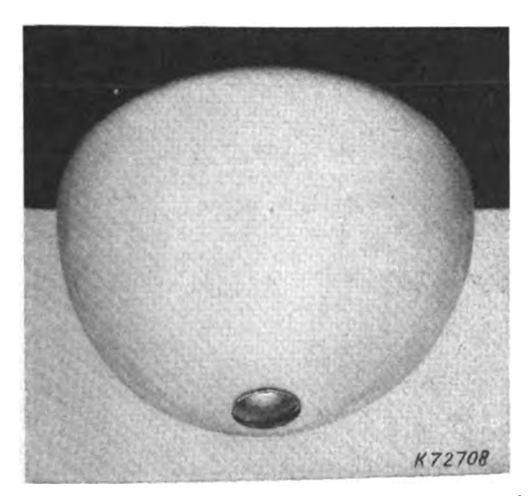


Bild 1. Glasdeckenleuchte ohne Metallrand für HWA 500 oder 300 W N-Lampe.



Bild 2. Vorwiegend indirekte Großflächenleuchte für Mischlicht- oder Glühlampen-Betrieb.



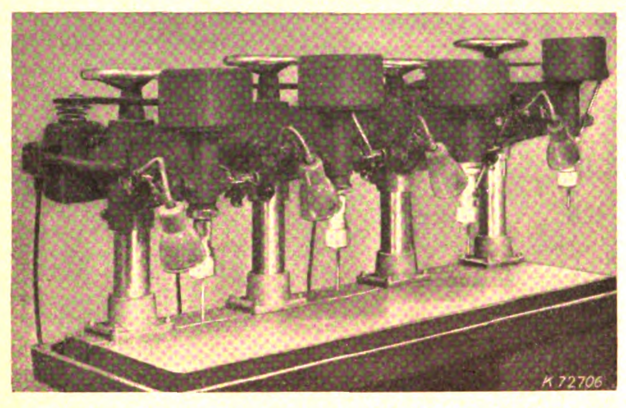


Bild 3. Werkplatzkleinleuchte mit geschützter Leitungsführung.

und damit eine beachtlich verbesserte Gesamtraumwirkung erreicht.

Während man derartige Deckenleuchten im allgemeinen für kleine, hauptsächlich niedrige Räume verwenden wird, ist auch die Entwicklung von Leuchten für große bzw. hohe Räume nicht stehen geblieben. In Bild 2 wird eine vorwiegend indirekte Großflächenleuchte gezeigt, die nicht nur die bekannten günstigen Lichtverteilungsverhältnisse dieser Charakteristik bietet, sondern vor allem durch ihre Formgebung dazu beiträgt, die Raumwirkung zu erhöhen und damit die Schönheit des Arbeitsplatzes zu fördern. Es ist in dieser Zeitschrift früher darüber berichtet worden, daß der Austausch von Messing als Baustoff für derartige Innenleuchten gegen bestimmte Leichtmetall-Legierungen schon vor Jahren reibungslos durchgeführt werden konnte. Die Erfordernisse des Krieges haben es mit sich gebracht, daß auch Leichtmetall nicht mehr in ausreichendem Maße für den Leuchtenbau zur Verfügung gestellt werden konnte, und daß infolgedessen ein weiterer Austausch, und zwar unter Rückgriff auf das reichlich zur Verfügung stehende Zink notwendig geworden ist. Die jetzt etwa 15 Monate umfassenden Betriebserfahrungen auf dem Gebiet der Leuchten für Innenräume aus Zink haben die völlige Eignung dieses Baustoffes ergeben. Die verwendeten Legierungen sind mechanisch selbstverständlich absolut gleichwertig und besitzen auch eine so gute Farbbeständigkeit, daß hier wiederum der Wechsel des Baustoffes dem Verbraucher kaum in Erscheinung tritt.

Die Anwendung des Zinkes für den Leuchtenbau beschränkte sich im übrigen nicht nur auf Pendelleuchten, sondern konnte wegen der guten Farbbeständigkeit auch auf die Herstellung von Tischleuchten ausgedehnt werden. Hier steht das Zink allerdings im Wettbewerb mit der Verwendung von Isolierpreßstoffen. Deren Anwendung empfiehlt sich insbesondere wegen der Möglichkeit, damit einen zusätzlichen Beitrag zur Betriebssicherheit von elektrischen Beleuchtungsgegenständen zu schaffen. Auch bei sorgfältigster Zugentlastung und gut durchkonstruierter Leitungsführung läßt es sich bei Tischlampen nicht immer vermeiden, daß im Laufe des Betriebes Störungen an der Isolation eingezogener Leitungen auftreten. Durch die Vorschriften des VDE ist zwar dafür gesorgt, daß alle erdenklichen Sicherungsmaßnahmen gegen das Auftreten von Körperschlüssen an derartigen Beleuchtungsgeräten getroffen werden und der Erfolg dieser Maßnahmen hat sich in einer starken Senkung der Unfallziffern bereits erwiesen. Trotzdem bietet die Verwendung des Isolierstoffes noch so erhebliche Vorteile in bezug auf Betriebssicherheit, äußere Wirkung und Erleichterung der Materialbeschaffung, daß auch größere Leuchteneinheiten neuerdings hieraus hergestellt worden sind.

In der Werkraumbeleuchtung ist die schon seit Jahren zu beobachtende Entwicklung zur steigenden Anwendung allgemeiner Raumaufhellung auch im Jahre 1940 weitergegangen. Die Sonderbeleuchtung am Arbeitsplatz beschränkt sich mehr und mehr auf Einzelfälle, in denen die Art des Arbeitsvorganges entweder besonders hohe Beleuchtungsstärken oder spezielle Lichtrichtungsmöglichkeiten verlangt. Hieraus ergab sich ein spezieller Bedarf für kleinere Leuchteneinheiten insbesondere deshalb, weil an neuzeitlichen Werkzeugmaschinen meist nicht viel Platz und nur eine beschränkte Bewegungsfreiheit für die Werkplatzleuchte zur Verfügung steht. Eine neuere Leuchte dieser Art wird in Bild 3 gezeigt. Wenn man auch bei derartigen Kleinleuchten auf den Aufbau aus Isolierstoff verzichten muß, weil der enge Raum die Bruchgefahr steigert, so ist hier doch für eine Erhöhung der Betriebssicherheit dadurch gesorgt, daß die Leitungsführung im beweglichen Teil der Leuchte durch einen Metallschlauch geschützt wird.

Für die Allgemeinbeleuchtung trat insbesondere die Entwicklung von Leuchten in geschützter Bauart in den Vordergrund.

Bild 4 zeigt einen Schnitt durch eine neue Leuchtenform, wie sie insbesondere für explosionsgefährdete Betriebe entwickelt worden ist. Bemerkenswert erscheint hierbei vor allem, daß durch die äußere Formgebung die Ansammlung von Staub auf der Leuchte vermieden wird, und daß sich auch bei der Verwendung als Tiefstrahler der Schirm der kegelförmigen Linienführung des Oberteiles anpaßt.

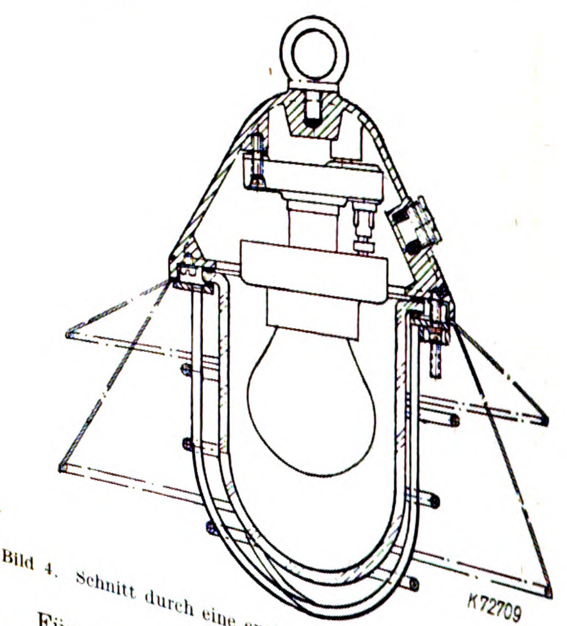


Bild 4. Schnitt durch eine explosionsgeschützte Leuchte in Kegelform.

Für die kommende Entwicklung auf dem beleuchtungstechnischen Gebiet ist insbesondere zu begrüßen, daß nach endgültiger Inkraftsetzung der VDE-Bestimmungen 0170 und 0171 die Schwierigkeiten vermieden werden, die bisher dadurch entstanden, daß in Kreisen der Verbraucherschaft häufig die Begriffsbestimmungen „schlagwettergeschützt“ und „explosionsgeschützt“ nicht mit der notwendigen Klarheit auseinandergehalten wurden. Selbst von seiten der Gewerbeaufsichtsbehörden ist bisher häufig die Forderung aufgestellt worden, daß in explosionsgefährdeten Betrieben Leuchten mit dem Prüfzeichen der Berggewerkschaftlichen Versuchsstrecke Dortmund-Derne, dem Sch-Zeichen verwendet werden sollten. Aufklärungsbestrebungen der beleuchtungstechn[...]dustrie ist es dabei nicht immer gelungen, [...] Klarheit zu schaffen, ein bedauerlicher [...] durch die neuen Bestimmungen ei[...] dürfte. Selbstverständlich sind [...] an Leuchten für explosion[...] andere als die sich in Berg[...] schlagenden Wettern [...] wird daher schon [...] teiligten Kreise [...] hier endgülti[...]

NACHRICHTEN AUS DER INDUSTRIE

Elektromaschinenbau

DK 621.313

Für den bekannten Drehstrom-Verschiebeankermotor der Carl Flohr GmbH., Berlin, ist ein **elektromagnetisches Bremslüftgerät** neu entwickelt worden. Bisher war die Bremslüftung am ausgeschalteten Verschiebeankermotor rein elektrisch nur bei Verwendung eines Schleifringläufers möglich, indem der Motor bei geöffnetem Läuferstromkreis eingeschaltet wurde. Bei Kurzschlußläufermotoren sah man mechanische Bremslüftung durch Hebel oder Druckschraube vor.

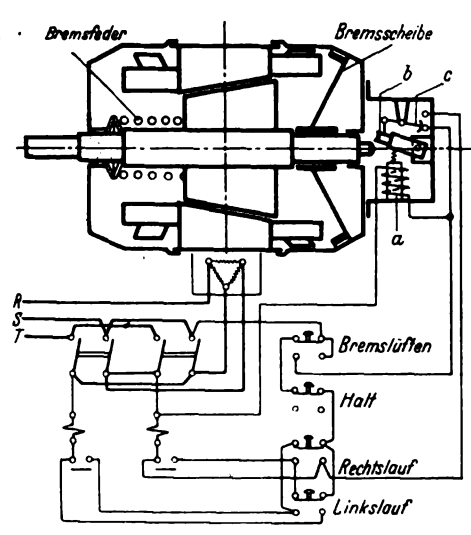


Bild 1. Verschiebeankermotor mit angebautem Bremslüftgerät.

Andere Bremsmotoren verwenden für die Betätigung der Bremse im Unterschied zum Verschiebeankermotor getrennte Magnete, wodurch auch bei Stillstand die Bremslüftung möglich ist. Die Einfachheit und Betriebssicherheit des Verschiebeankermotors ist aber gerade durch den Fortfall jeglicher Magnete gegeben. Um die bewährte Konstruktion beizubehalten und auch für Kurzschlußläufermotoren eine von jeder beliebigen Stelle aus zu bedienende Bremslüftung zu erhalten, mußte ein anderer Weg beschritten werden. Das Bild 1 zeigt einen Verschiebeankermotor mit angebautem Bremslüftgerät sowie die Schaltung in Verbindung mit Druckknopfsteuerung für beide Drehrichtungen. Das Bremslüftgerät arbeitet folgendermaßen: Wird der Druckknopf „Bremslüften" betätigt, so erhält die Spule *a* Spannung und die Klinke *b* wird angezogen, bis sie auf die Verlängerung der Motorwelle auftrifft. Gleichzeitig betätigt die Klinke einen Kontakt *c*, der für kurze Zeit geschlossen wird und eines der beiden Motorschützen ansprechen läßt. Der Motor liegt dadurch für kurze Zeit am Netz, die Welle führt die axiale Verschiebung aus, und die Bremse wird gelüftet. Die Klinke kann nunmehr weiter angezogen werden, wobei der Kontakt *c* unterbrochen wird, so daß das Motorschütz wieder abfällt. Inzwisch n hat sich die Klinke vor die Welle gelegt und verhindert das Einfallen in die Bremse. Dieser Zustand bleibt so lange bestehen, bis ein anderes Kommando gegeben wird, da die Motorwelle mit der Bremsfederkraft gegen die Klinke drückt und somit deren Lage aufrechterhält. Zwischen Motorwelle und Klinke ist eine Stahlkugel angeordnet, damit sich die Welle leicht drehen läßt.

In der kurzen Zeit, in der der Motor am Netz liegt, macht dieser erfahrungsgemäß rd. 0,3 bis 5 Umdrehungen, je nachdem, wie groß die Massen bzw. Reibungswiderstände des betreffenden Antriebes sind. Die Spule *a* liegt so lange an Spannung, wie auf den Bremslüftknopf gedrückt wird. Beim Drücken des Einschaltknopfes für Rechts- oder Linkslauf wird die Klinke vom Bremsfederdruck entlastet und geht in die Ruhestellung zurück. Wird der Haltknopf gedrückt, so tritt die übliche Bremswirkung ein. Das Kommando „Bremslüften" wird zweckmäßigerweise erst gegeben, nachdem zuvor der Motor durch Drücken des Haltknopfes abgebremst ist.

Das beschriebene Bremslüftgerät dürfte die Verwendung des Verschiebeankermotors auch überall dort ermöglichen, wo bisher die feststehende Welle des ausgeschalteten Motors als störend empfunden wurde.

Hochspannungsschalter und -geräte

DK 621.316.54.027.3 : 621.316.9

Auf dem Gebiet der **Hochspannungs-Hochleistungsschalter** hat die Firma Voigt & Haeffner AG. in Frankfurt die Typenreihe ihrer bekannten Druckausgleichschalter in dem Reihenspannungsbereich bis 30 kV um einige schwere Ausführungen, wie z. B. Reihe 10, 6000 A, 600 MVA (Bild 1) und Reihe 30, 1000 A, 1000 MVA erweitert.

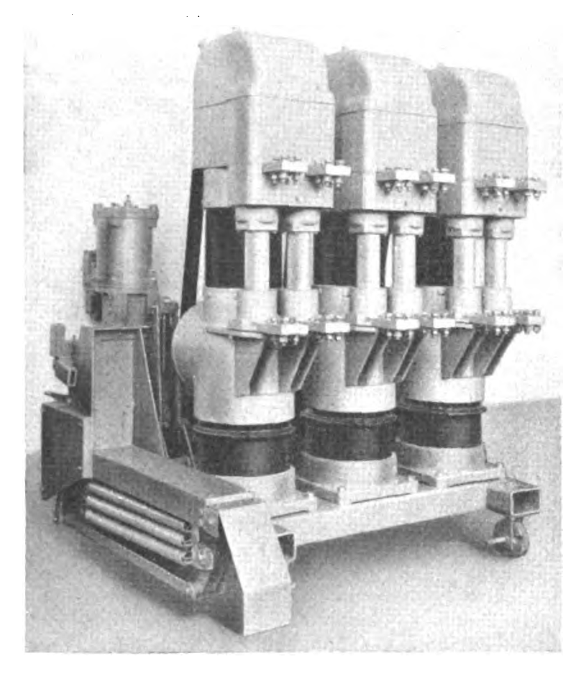


Bild 1. Druckausgleichschalter 6000 A, 600 MVA.

Mit Druckausgleichschaltern werden neben normalen Schaltanlagen auch 2 Sonderausführungen ausgerüstet und zwar:

a) stahlblechgekapselte Hochspannungsanlagen mit fest eingebautem Schalter zur Aufstellung in besonders staubigen und unter Tage in nicht schlagwettergefährdeten Räumen. Diese Anlagen, die für 6 kV Reihenspannung bemessen sind, erfordern für ihre Unterbringung keine geschlossenen Betriebsräume, da sämtliche Spannung führenden Teile gegen zufällige Berührung geschützt sind.

b) stahlblechgekapselte Hochspannungsanlagen mit ausfahrbaren Leistungsschaltern, Reihe 10, bis 600 A, bis 200 MVA. Diese raumsparenden Anlagen besitzen Einfach-Sammelschienen und werden zu beliebiger Größe durch zwei normale Bauelemente (einfeldriger und zweifeldriger Schrank) zusammengestellt. Der ausfahrbare Teil enthält den Leistungsschalter, Strom- und Spannungswandler, die Meßgeräte und die Klemmen. An die Stelle von Trennschaltern sind Steckkontakte getreten.

Bei dem von Sprecher, Schuh & Cie., Linz/Donau, entwickelten **Leistungstrennschalter**, Type AS — 100, wurde Luft als Löschmittel gewählt; der Schalter bedarf daher keiner Wartung. Die zunächst geringe Geschwindigkeit der beim Abschalten aus der auf dem Kontaktrohr sitzenden Düse ent-

weichenden Luft steigt stark an, sobald der Lichtbogen die für die Löschung günstigste Länge erreicht hat. Die endgültige Abschaltung erfolgt beim nächsten Nulldurchgang. Der Abschaltstrom kann bei günstigen Verhältnissen bis 1000 A betragen. Wird der Schalter an Orten verwendet, wo stärkere Kurzschlußströme auftreten, so können Sicherungen hoher Abschaltleistung angebaut werden, allenfalls in Verbindung mit mechanischen Auslösern, die eine dreipolige Ausschaltung veranlassen, auch wenn nur eine Sicherung anspricht. Ebenso kann der Schalter mit einstellbaren Überstromauslösern ausgerüstet werden. Für das Einschalten gegen hohen Einschaltstrom (bis 20 000 A) können die Schalter mit kräftigen Vorkontakten versehen werden, die vor den Hauptkontakten schließen und öffnen und mit einer kräftig wirkenden Schnappvorrichtung für momentane Einschaltung versehen sind. Der Antrieb des Schalters kann von Hand aus durch Steigbügelantrieb oder Handrad erfolgen oder aber ferngesteuert durch Druckluft oder elektrischen Motorantrieb.

Niederspannungsschalter und -geräte

DK 621.316.5.027.2

Durch die schnelle Fortentwicklung der Werkzeugmaschine wurde in diesem Zweig des Maschinenbaues der Elektrotechnik ein bedeutendes Absatzgebiet erschlossen. Antriebsmotoren und Niederspannungsschaltgeräte für solche Maschinen wurden in den letzten Jahren in Anpassung an die besonderen Bedingungen des Werkzeugmaschinenbaues in Sonderausführung entwickelt; sie sind heute zum großen Teil bereits als listenmäßige Bauteile auf dem Markt. Trotzdem wird seitens der Werkzeugmaschinenindustrie immer wieder die Forderung gestellt, die elektrischen Antriebe und Steuerungen noch besser den gegebenen Verhältnissen anzupassen; die Elektroindustrie kommt diesen Forderungen mehr und mehr nach.

Bekanntlich werden bei Werkzeugmaschinen verschiedenartige Schalter für die Betätigung ferngesteuerter Luftschütze oder Schützensteuerungen benutzt. Der Arbeitsweise und dem Arbeitsprogramm entsprechend sind dies Druckknopf-, Walzen-, Schwenk- oder Kugelschalter. Häufig ist es zweckmäßig, mehrere Arten dieser Betätigungsschalter an einer Werkzeugmaschine zu verwenden. Hierbei macht jedoch die Unterbringung nicht selten Schwierigkeiten. Um in solchen Fällen einen günstigen Zusammenbau der Betätigungsschalter mit der Werkzeugmaschine zu erreichen, wurden von der AEG sogenannten **Betätigungstafeln** entwickelt. Es handelt sich bei diesen Betätigungstafeln um Gußfrontplatten, auf deren Rückseite verschiedene Betätigungsschalter angebaut werden können. Die Bedienungsglieder, wie Druckknöpfe, Kipphebel, Kugelgriffe oder Schwenkgriffe, sind nach vorn durchgeführt und auf der Frontseite bedienbar. Außer den vorgenannten Betätigungsschaltern können auch Meldelampen, bestehend aus Fassung und Kalotte, in beliebiger Anzahl und Anordnung, den Platzverhältnissen entsprechend, vorgesehen werden. Die Vereinigung der Bedienungsglieder vereinfacht die Zusammenfügung mit der Werkzeugmaschine, weil nur eine Einbauöffnung in dem Maschinenkörper erforderlich ist, sie vereinfacht aber auch die Installation und die Wartung, weil sämtliche Zuleitungen durch eine Öffnung in den Einbauraum hineingeführt werden können. Die Kontaktteile der eingebauten Schalter sind nach Lösen von vier Schrauben, durch die die Frontplatte mit der Maschinenwand verbunden wird, zugänglich. Die Bedienung der in den Betätigungstafeln zusammengefaßten Schalter ist in den meisten Fällen wesentlich einfacher als bei getrennt eingebauten Schaltgeräten, weil erstere griffnah im Bedienungsbereich untergebracht werden können. Hinzu kommt noch, daß die zentrale Unterbringung übersichtlich ist; durch einen Blick auf die Kommandostelle kann der Bedienungsmann der Maschine an den Stellungen der Schaltgriffe oder an den Meldelampen den jeweiligen Betriebszustand der Maschine leicht erkennen.

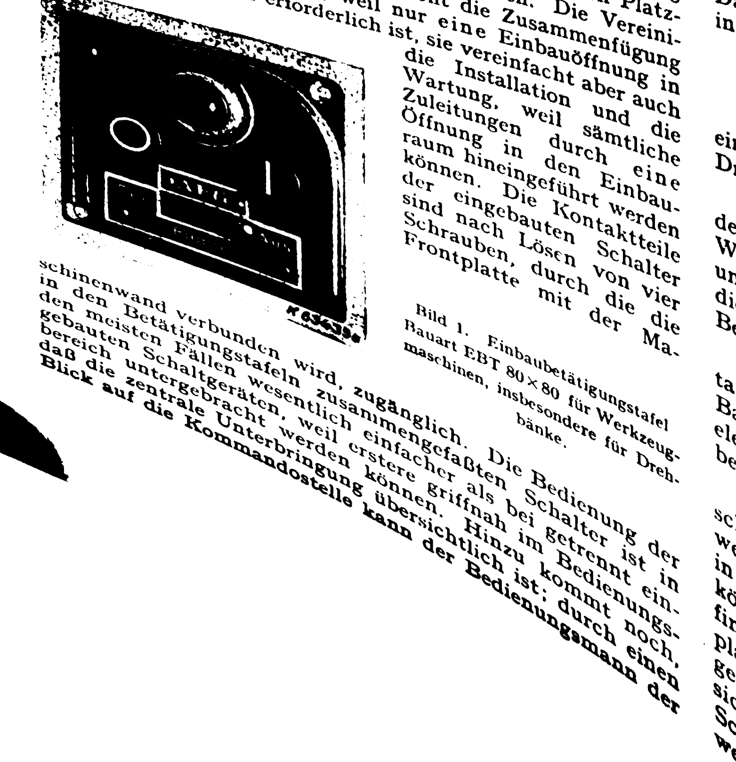


Bild 1. Einbaubetätigungstafel Bauart EBT 80×80 für Werkzeugmaschinen, insbesondere für Drehbänke.

In Zusammenarbeit mit maßgebenden Werkzeugmaschinenfirmen wurden zwei verschiedene Frontplattengrößen entwickelt, von denen die eine das Maß 80 × 80 mm, die andere ein solches von 100 × 170 mm aufweist. Beide Baugrößen können zum versenkten Einbau, also in Einbauform (Bild 1) oder zum Anbau außen an die Maschinenwand, also in Anbauform (Bild 2) geliefert werden; im letzteren Falle wird der Einbau-Betätigungstafel ein Gußgehäuse hinzugefügt. — Das Bild 2 zeigt eine Betätigungstafel — Bauart EBT 100×170, in der

1 Druckknopf für Tippschaltung
1 Schwenkschalter mit Druckkontakt und
1 Kippschalter

eingebaut sind. Auch bei dieser Tafel sind Schaltgriffe und Druckknöpfe soweit als möglich versenkt angeordnet.

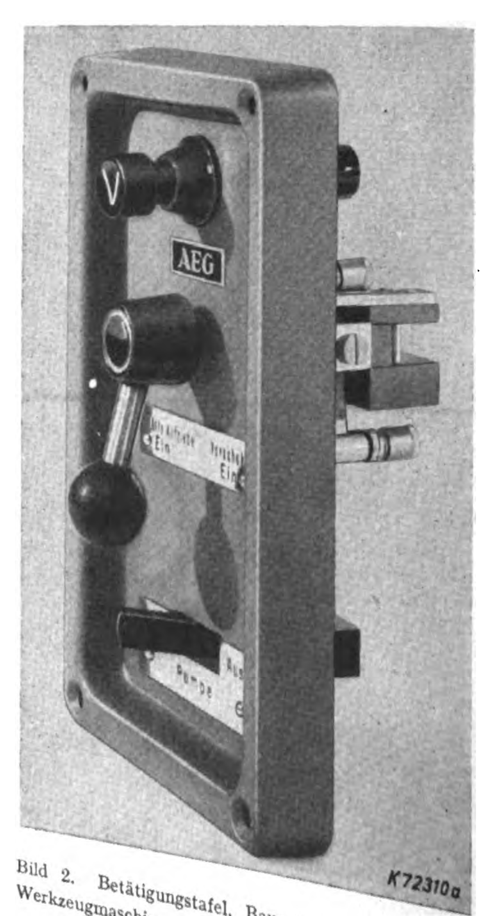


Bild 2. Betätigungstafel, Bauart EBT 100 × 170, für Werkzeugmaschinen, insbesondere für Fräs- und Schleifmaschinen.

Die beschriebenen Betätigungstafeln können außer den in den Bildern gezeigten Betätigungsschaltern Nockenschalter, Walzenschalter usw. zusammenfassen. Damit eine einheitliche und reihenmäßige Fertigung trotzdem ermöglicht wird, sind die festgelegten Maße der Frontplatten und die Abstände der Befestigungslöcher unverändert beizubehalten.

Durch die Entwicklung der beschriebenen Betätigungstafeln wird der Werkzeugmaschinenindustrie ein elektrisches Bauelement anhandgegeben, durch das der Zusammenbau von elektrischen Betätigungsschalter mit der Werkzeugmaschine bei einfacherer Bedienung günstiger gestaltet [illegible]

Bei Steuerungen der Werkzeugma[illegible] schen Schaltgeräten (Schützen, Ver[illegible] werden insbesondere bei größeren [illegible] in Schaltschränke untergebr[illegible] können auch gleichzeitig di[illegible] finden, sofern ihre Bedie[illegible] platz notwendig ist [illegible] geräte zu einem [illegible] sich um Abgä[illegible] Schaltgerät[illegible] werden.

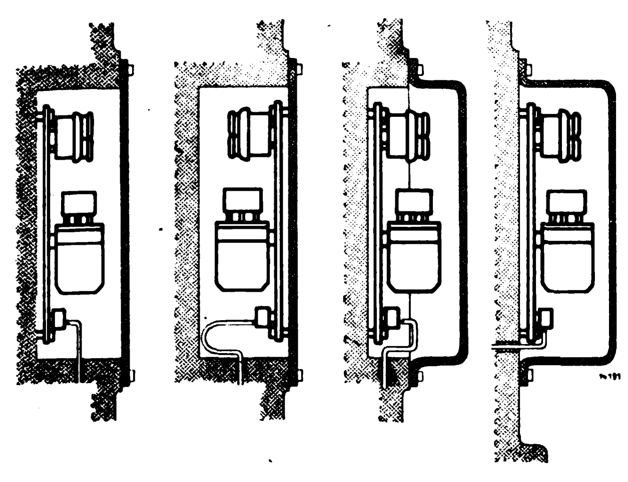


Bild 3. Anbringen der Einsatzsteuerungen.

Wenn die Geräte in oder an der Maschine untergebracht werden sollen, dann können die **Einsatzsteuerungen** der F. Klöckner KG genommen werden. Die Anordnung dieser Steuerungen kann auf verschiedene Arten geschehen (Bild 3). Bei dieser Einsatzsteuerung fällt die Ausführung der Installation von Gerät zu Gerät innerhalb der Maschine weg, die meist bei nicht ganz einwandfreier Verlegung und Herstellung der Verbindungen zu großen Störungen Anlaß gaben. Bei den Einsatzsteuerungen werden die Verbindungen in klarer übersichtlicher Weise von der Fabrik hergestellt. Um einen hohen Isolationswert zu erreichen, wird bei Einsatzsteuerungen als Montageplatte eine kräftige Karta-Isolierplatte verwendet, aber keine Metallplatten oder Metallrahmen. Die Montage der Geräte erfolgt unmittelbar oder unter Benutzung von Distanzrollen auf der Platte, in der besonders eingepreßte Muttern vorgesehen sind. Die Schaltgeräte können in Einsatzform, also ohne Gehäuse verwendet werden, wobei besonders auf die notwendige Abdeckung an denen der Geräte unter Spannung, Handhabungen vorgenommen werden müssen, wie z. B. Sicherungen und dergl. Rücksicht genommen wird (Bild 4). Die Leitungen der Einsatzsteuerung, die zum Motor, Bremslüfter oder den verschiedenen Betätigungsgeräten führen, die nicht auf der Platte untergebracht sind, werden an übersichtliche Klemmleisten geführt, die ein wenig zeitraubendes Anschließen gestatten. Auf besonderen Wunsch können auch die Einzelgeräte, die auf der Montageplatte der Einsatzsteuerung zu sitzen kommen, gedichtet werden.

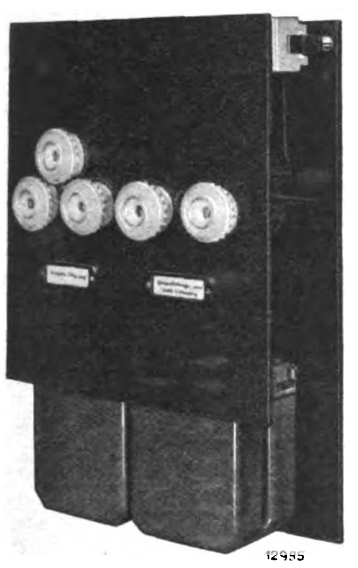


Bild 4. Einsatzsteuerung mit Sicherungen und Schaltgeräten.

Bei Werkzeugmaschinen werden heute in großem Umfang Betätigungsschalter, die zur elektrischen Fernsteuerung dienen, verwendet. Diese Schalter werden je nach ihrer Bauart für unmittelbare oder mittelbare Handbetätigung oder für mechanische Betätigung benötigt. Die Impulsfrage bei derartigen Hilfsstromschaltern ist durch die immer weitere Ausnutzung der Werkzeugmaschine und die Einbeziehung elektrischer Hilfsgeräte bei solchen Maschinen mehr und mehr gestiegen. Die AEG hat einen Hilfsstromschalter unter dem Namen **Kammernockenschalter,** kurz KN-Schalter, auf den Markt gebracht, der infolge seiner besonderen Bauart den hohen Ansprüchen sowohl in elektrischer als auch in mechanischer Beziehung genügt. Der Schalter, der hauptsächlich in Einbauform verwendet wird, besteht aus einer Frontplatte, einer Anzahl von Schaltkammern, in denen die Kontaktverbindungen hergestellt werden, dem Rastenwerk bzw. Rückschnellfeder und der Schalterwelle, die in Kugellagern gelagert ist, auf deren Ende ein Kugelgriff oder ein Rollenhebel, also die Betätigungselemente, aufgesetzt werden können (Bild 5). Die einzelnen Schaltkammern sind durch Isolierstoffzwischenwände voneinander getrennt. In jeder Kammer, jedoch unabhängig voneinander, kann je ein Stromkreis wahlweise geöffnet oder geschlossen werden. Das Öffnen und Schließen wird durch die Drehung der Schaltachse bzw. einer Nockenscheibe erreicht. Die Bautiefe einer Kammer beträgt etwa 10 mm, bei 6 Kammern ergibt sich eine Gesamteinbautiefe einschließlich Rastenwerk von etwa 90 mm. Die einzelnen Nockenscheiben sind so gestaltet, daß sie auf einfache Weise dem Schaltprogramm entsprechend ausgebildet werden können; sie sind aus einem verschleißfesten Isolierstoff gefertigt.

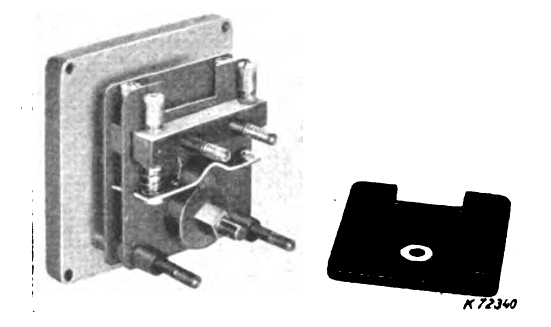


Bild 5. Offene Kontaktkammer eines KN-Schalters, Abschlußplatte abgenommen.

Die neue Bauweise des KN-Schalters hat u. a. den Vorteil, daß der Schaltwinkel verhältnismäßig klein ausgeführt werden kann. Vom Ausschalt- in den Einschaltzustand zum Beispiel kann der Blattkontakt durch Drehung der Schalterachse um nur 20° gebracht werden. Hierbei wird der gesamte Öffnungsweg, an den Kontaktkalotten gemessen, zurückgelegt. Einen weiteren Vorteil bieten die für den Zusammenbau mit Werkzeugmaschinen günstige Bauform und die verhältnismäßig kleinen Abmessungen.

Bild 6 zeigt einen KN-Schalter für Handbetätigung, der mit einem Kugelgriff ausgerüstet ist, Bild 7 einen Schalter in Anbauform, also mit Gußgehäuse und Rollenhebel. Dieser Schalter ist für mechanische Betätigung, z. B. als Tischsteuerschalter oder als Endlagenschalter verwendbar.— Auf übersichtliche Anordnung der Anschlußklemmen ist bei den KN-Schaltern besonders geachtet worden. Die Mantelklemm-

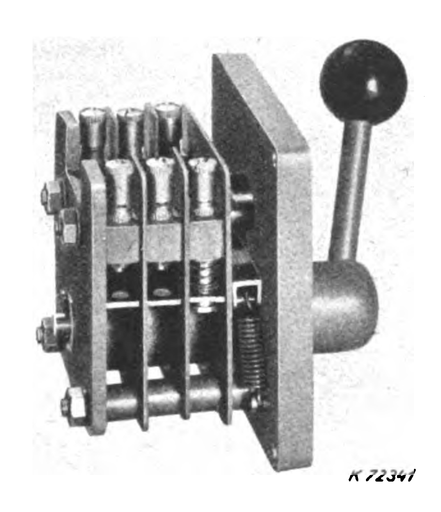


Bild 6. Betatigungsschalter für Handbedienung mit drei Kontaktkammern für versenkten Einbau in Schaltpulte, Schaltschränke und Maschinen.

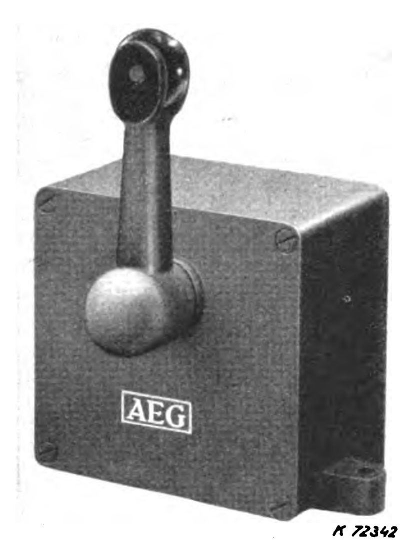


Bild 7. KN-Schalter in Anbauform mit zwei Kontaktkammern mit Rollenhebel für Betätigung durch mechanische Anschläge, Schaltnocken oder Schaltlineale.

schrauben sind unmittelbar mit den Kontaktbolzen verbunden. Die einzelnen Klemmen sind durch die Isolierstoffzwischenwände voneinander getrennt. Ein Ausschnitt in diesen Trennwänden macht eine bequeme Zuführung und Verlegung der Anschlußleitungen möglich. Die Kombinationsmöglichkeit dieses neuen Schalters erlaubt weitgehende Anpassung an die im Werkzeugmaschinenbau verlangten mechanischen und schalttechnischen Bedingungen. Als Hilfsschalter in Steuerstromkreisen ist die Anwendungsmöglichkeit fast unbegrenzt.

Die Voigt & Haeffner AG. hat dem viel verwendeten **Niederspannungs-Ölschalter** der Type VHt die explosionsgeschützte Ausführung für 40 A zugefügt, vor allem aber durch die neu entwickelte Schaltertype CO t für 200 bzw. 400 A, die die VHt-Reihe nach oben fortsetzt. Diese mit Schnell-Ein- und Ausschaltung und Klotzkontakten ausgerüsteten Geräte können mit 2 bis 3 Schmelzlotauslösern, Spannungsrückgangsauslösung, Meldeschaltern und Strommessern versehen werden (Bild 8). Auch explosions- und schlagwettergeschützte Ausführungen werden von der Voigt & Haeffner AG. geliefert.

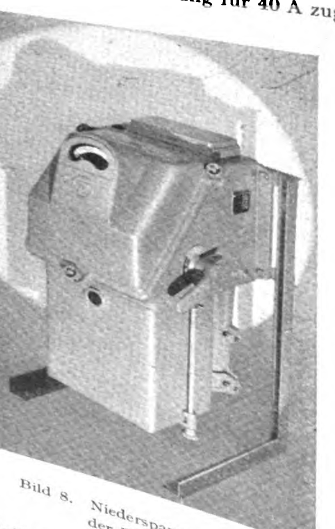


Bild 8. Niederspannungsölschalter der Type CO t.

Unter den **Niederspannungs-Luftschaltern** verdient der neue Sicherheitsschalter 15 UWZ—M für 220 V, 15 A, 50 bis 200 Hz besondere Erwähnung. Er dient der Überwachung des von elektrischen Handbohrmaschinen entwickelten Drehmomentes, das beim Festfahren eines Werkzeuges, wie Bohrer, Reibahle usw. zumal bei Hochfrequenz leicht so groß werden kann, daß Personen, Werkstück oder Werkzeug zu Schaden kommen. Der Sicherheitsschalter besteht aus einem Luftschütz und einem Spezialrelais mit weit auseinandergezogener Skala für die Einstellung des Auslösestromes und damit des Drehmomentes. Es können festverlegte Leitungen oder über eine zusätzlich angebaute Kupplungsdose Bosch-Handbohrmaschinen angeschlossen werden. Das Überwachungsrelais wird zu Beginn der Arbeit durch den Einschaltstromstoß des Motors auf die Dauer von rd. 1 s blockiert, wodurch ein sehr empfindlicher Überlastungsschutz während der Arbeit möglich ist.

Mit dem **ölgeschmierten Luftschütz** der F. Klöckner K.G. liegen nunmehr über 1 Jahr praktische Erfahrungen vor. Die Firma hat bekanntlich die Forderung an die ölgeschmierten Luftschütze gestellt — mechanische und elektrische Lebensdauer gleich der der Arbeitsmaschine —. Die mechanische Lebensdauer der ölgeschmierten Luftschütze liegt zwischen 20 bis 50 Mill Schaltungen. Durch die Ölfüllung wird eine dauernde Schmierung gewährleistet; außerdem eine günstige Dämpfung erreicht und dadurch harte mechanische Schläge vermieden (Bild 9). Zur Durchführung der Ölfüllung braucht nicht der Ölkasten abgenommen zu werden, was besonders bei umfangreichen Steuerungen von großem Vorteil ist, sondern an dem Einlaßstutzen kann das Öl, das in bestimmten Mengen durch genormte

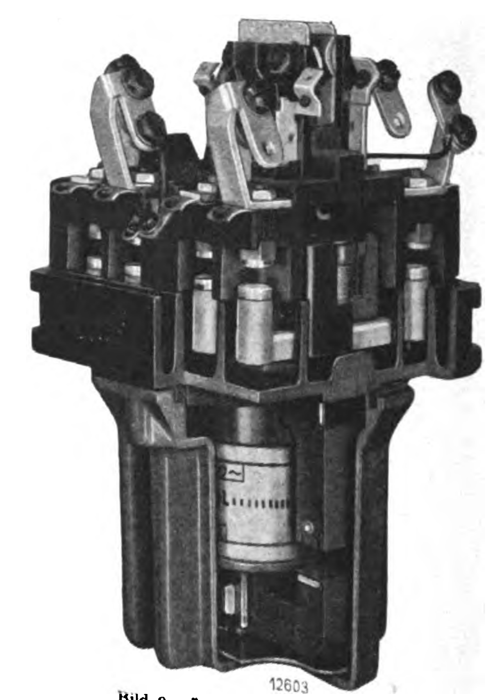


Bild 9. Ölgeschmiertes Luftschütz.

Flaschen festgelegt ist, eingefüllt werden. Den notwendigen Ölstand läßt eine Markierung an der Spule erkennen. Die Öffnung des Einlaßstutzen wird auch gleichzeitig als Fenster benutzt, um die Betätigungsspannung der Spule, die auf der Spule deutlich zu sehen ist, zu kontrollieren. Die elektrische Lebensdauer der ölgeschmierten Luftschütze liegt außergewöhnlich günstig. Die Kontakte arbeiten in Luft und liegen in besonderen Kammern. Jede Strombahn besitzt doppelte Unterbrechung (Bild 9). Eine besonders in ihrem Aufbau einfache Dämpfungseinrichtung sorgt für die günstige Kontaktbeschleunigung. Das Nomogramm (Bild 10) gibt Aufschluß über die erreichbare Kontaktlebensdauer. Diese ölgeschmierten Luftschütze erfüllen die Forderung, daß auch die elektrische Lebensdauer so lange ist wie die der Arbeitsmaschine, d. h. bei einem Antrieb mit einem Kurzschlußläufermotor von rd. 7,5 kW bei 380 V, 50 Hz wird bei der Form DILO 68 eine Gesamtlebensdauer von 10 Mill Schaltungen erreicht. Dieses bedeutet bei 200 Schaltungen/h etwa 20 Jahre Gesamtlebensdauer. In dem Nomogramm sind die Größen 58 und 68 genannt. Diese unterscheiden sich in ihrer Kontaktausbildung und zwar erhält die Größe 68 einen großflächigeren Kontakt als die Größe 58 bei gleicher Kontaktabbrandhöhe! Um nun diese hohe Kontaktlebensdauer zu erreichen, muß ein verhältnismäßig großes Kontaktabbrandvolumen zur Verfügung gestellt werden.

In Stromverteilungsanlagen, bei denen für die Schützen eine Schalthäufigkeit von etwa 1 bis 2 Schaltungen stün... in Betracht kommt — es können ebensogut auch nu... Schaltungen in der Woche oder gar in 1 Monat ... werden —, würde unnütz viel hochwertig... aufgetragen werden. Es war deshalb ohne... für Geräte, die nur eine geringe Schal... weniger Abbrandvolumen vorzus... dem die elektrische Belastung ... taktabbrandhöhe, was eine ... stromes mit sich brach... möglich, das Gerät fü... bahn bei 380 V, 50 ...

Das ölgesc... wird als „Ste...

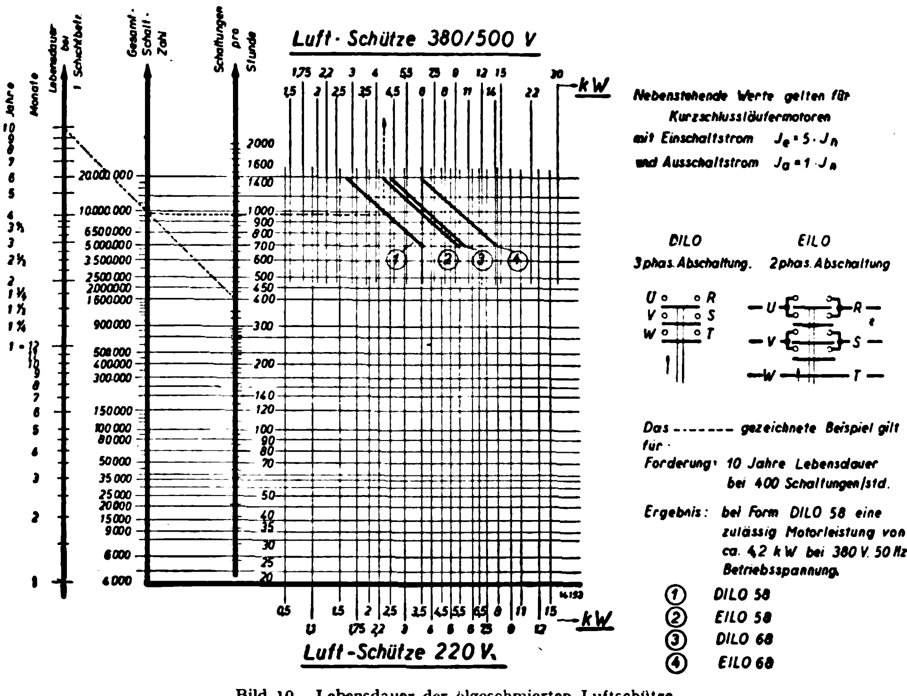


Bild 10. Lebensdauer der ölgeschmierten Luftschütze.

rotes Leistungsschild gekennzeichnet, während das ölgeschmierte Luftschütz für niedrige Schalthäufigkeit und hohe Strombelastung als „Stromschütz" geführt wird und ein grünes Leistungsschild erhält. Durch diese Maßnahme sind die Geräte äußerlich voneinander gekennzeichnet, da der gleiche Aufbau vorliegt.

Aus dem ölgeschmierten Luftschütz wurde nach altbewährtem Prinzip ein Motorschutzschalter aufgebaut, in dem über der Kontaktplatte der thermische Auslöser angeordnet wurde. Es kann sowohl der kleine thermische Auslöser mit Bimetallbänder bis 25 A als auch der große thermische Auslöser mit Dehnungsbänder von 26 A ab eingebaut werden. Die thermischen Auslöser können dabei mit oder ohne mechanischer Wiedereinschaltsperre ausgerüstet sein. Über das Schütz und dem thermischen Auslöser greift der Deckel des Motorschutzschalters.

Das ölgeschmierte Luftschütz von Klöckner wird nicht nur als Einzelschütz zum unmittelbaren Ein- und Ausschalten von Motoren verwendet, sondern auch zur Drehrichtungsänderung, Einstellen der verschiedenen Drehzahlen und Anlassen durch Sterndreieckschaltung des Motors oder zum Anlassen über den Läuferkreis des Motors und dergl. mehr.

Zur Herstellung eines **Wendeschützes** werden zwei ölgeschmierte Luftschütze in einem Rahmen eingebaut (Bild 11). Dabei werden die Schützen elektrisch gegeneinander verriegelt. Der Rahmen mit den Schützen wird in eine besondere Tragvorrichtung des Gehäuses eingeschoben. Dadurch ist es möglich, die Anschlüsse bequem durchzuführen, denn die Anschlußschrauben liegen alle gut zugänglich und die anzuschließenden Leitungen können gut an die Anschlußschrauben gelegt werden. Der Deckel greift als eine Einheit über die beiden Schütze. Zweckmäßig wird bei Wendeschütze die zweiphasige Abschaltung des ölgeschmierten Schützes gewählt, um eine größere Ausnutzung vorzunehmen, denn schließlich liegt dadurch das doppelte Abbrandvolumen vor.

Ein selbsttätiger Sterndreieckschalter wird dadurch erreicht, daß den notwendigen Schützen (Netzschütz, Stern- und Dreieckschütz) ein Verzögerungswerk hinzugefügt wird, dessen Aufgabe darin besteht, die Umschaltung von Stern auf Dreieck vorzunehmen. Als Verzögerungswerk wird zweckmäßig ein Laufwerk verwendet, das aus einem Einphasenwirbelstrommotor besteht, der über eine Kupplung eine Meisterwalze antreibt, auf der Segmente sitzen, die mit den Kontaktfingern in Berührung kommen, um so die notwendige Schaltung durchzuführen. Die Schützen werden mit dem Laufwerk in einen Rahmen eingebaut und dann in die Tragkonstruktion am Kasten eingeschoben.

Bei den Selbstanlassern liegt derselbe Aufbau vor. Es werden die Stufenschützen mit dem Laufwerk kombiniert. Der Widerstand wird in einem Gehäuse, das denselben Aufbau besitzt wie das Schützengehäuse, eingebaut. Es können sowohl Widerstandszylinder als auch Widerstandselemente verwendet werden. Diese werden genau wie bei den Schützenkombinationen in einem Rahmen eingebaut und in das Gehäuse eingesetzt. Der neue Aufbau gestattet eine günstige Montage des Selbstanlassers, da die Verbindungen zwischen Widerstand und Anlasser fabrikseitig vorgenommen werden. Die Gehäuse der verschiedenen Schützenkombinationen und Widerstände bestehen aus Stahl.

Es besteht häufig das Bedürfnis, in der Nähe des Antriebes ein- und ausschalten zu können, während das zugehörige Schaltgerät zweckmäßigerweise in größerer Entfernung angeordnet wird. Die Gründe für diese Anordnung können verschiedener Art sein. Bei einer größeren Anzahl von Antrieben wird es oft vorteilhaft sein, die Schaltgeräte in einer Verteilung zusammenzufassen. Das wird ganz besonders der Fall sein, wenn die zu schaltenden Motoren zum Antrieb von Fördermitteln dienen, bei denen aus den betrieblichen Verhältnissen heraus eine Abhängigkeit gefordert werden muß, oder wenn in explosionsgefährdeten Betrieben das Schaltgerät in nichtgefährdeten Räumen aufgestellt wird.

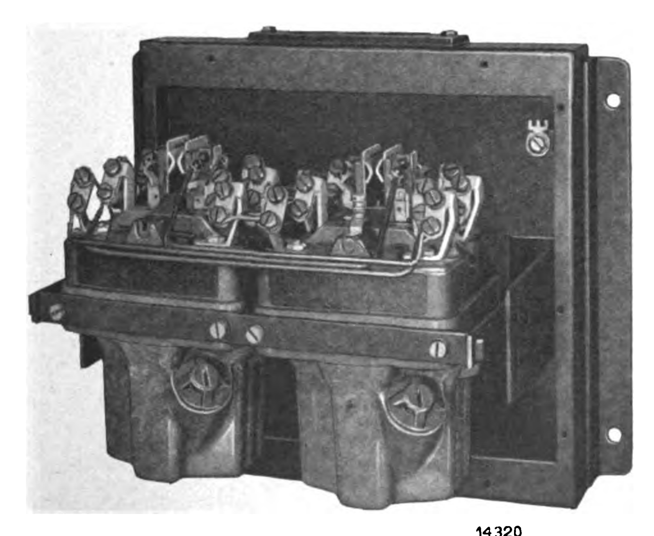


Bild 11. Wendeschutz bestehend aus zwei ölgeschmierten Luftschützen.

Als Befehlsschalter wurde ein neuer **Schwenktaster** von den SSW entwickelt (Bild 12), der sowohl für Schlagwettergruben als auch für explosionsgefährdete Betriebe geeignet ist. Das eigentliche Schaltelement ist druckfest gekapselt und in ein Gehäuse nach Bauart erhöhte Sicherheit eingebaut, entsprechend den Schlagwetter- und Explosionsschutzvorschriften VDE 0170/0171, Entwurf 2. Zum Anschluß der Zuleitungen steht genügend Raum zur Verfügung, was von besonderer Wichtigkeit für den untertägigen Bergbau ist.

Hier besteht auch häufig der Wunsch, betrieblich zusammenhängende Antriebe von einer Befehlsstelle aus schalten und beobachten zu können, welche Antriebe laufen. Dem-



Bild 12. Schwenktaster.

entsprechend kann in das Gehäuse eine Glimmlampe eingebaut werden. Aufleuchten oder Verlöschen der Glimmlampe zeigt an, ob das dem Antrieb zugehörige Schaltgerät ein- oder ausgeschaltet ist. Hinter dem Schaustopfen ist eine Maske mit einem pfeilförmigen Ausschnitt angebracht. Dieser Pfeil kann jeweils so eingestellt werden, wie es der Förderrichtung des zugehörigen Antriebes entspricht. So ist es möglich, in einfacher Weise aus mehreren Befehlsschaltern ein Leuchtschaltbild zusammenzustellen.

Ein neuer **Druckschalter** der AEG wird den vielseitigen Wünschen der Industrie nach möglichst kleinen Abmessungen und geringem Gewicht gerecht. Der Schalter dient zum Ein- und Ausschalten von Motoren und ist verwendbar für

Drehstrom	bis 1,5 kW	bei 110 bis 125 V	
	bis 2,2 kW	bei 220 bis 500 V	und
Gleichstrom	0,35 kW	bei 110 bis 500 V.	

Bei Verwendung eines Ankerdauervorschaltwiderstandes oder Einstufenselbstanlassers ist eine Schaltleistung bis 1,5 kW bei 110 bis 500 V Gleichstrom zulässig. Normal wird der Druckschalter auf 1,5 bis 3 atü eingestellt. Der kleinste Druckunterschied, bei dem der Schalter noch verläßlich arbeitet, ist etwa 1 atü. An einem Anschlußgewinde des Druckschalters kann ein vom Druckkessel kommendes Rohr angeschlossen werden. Die Leitungen können im Gehäuse mit isoliertem Panzerrohr und mit einschraubbaren Kabelstopfbuchsen eingeführt werden. Der Druckschalter besteht aus einem gegossenen Gestell mit darauf montierter Kontaktanordnung und Kontaktträgerteilen aus Preßstoff und wird normal mit Gummimembran geliefert. Der Druck wird auf diese Membran übertragen, die einen auf eine Klinke abstützenden Klapphebel durch einen Kolben in Bewegung setzt. Hierdurch wird eine Momentschaltung der beweglichen Kontaktteile erreicht. Der Druck, bei dem der Druckschalter ein- oder ausschalten soll, wird durch Anspannen einer Feder eingestellt. Eine zweite Feder dient zur Einstellung des Druckunterschiedes, der auf die Klinke des Schalthebels wirkt (Bild 13).



Bild 13. Druckschalter.

Der Druckschalter soll hauptsächlich für Hauswasserpumpenanlagen verwendet werden. Er wird normal mit einer angeschraubten Isolierstoffkappe geliefert, oder auch mit einer Gußkappe mit Abdichtung.

F. Klöckner unterscheidet bei **Walzenschaltern** „Steuerleistungsschalter" und „Stromschalter". Die Steuerleistungsschalter sind für hohe Schalthäufigkeiten und hohe Gesamtschaltzahlen, dagegen für verhältnismäßig geringe elektrische Belastungen, während die Stromschalter für geringe Schalthäufigkeit und geringe Gesamtschaltzahl, aber für hohe elektrische Belastung bestimmt sind. Um auch bei Walzenschaltern die unbedingt notwendige Forderung „Gerätelebensdauer gleich Maschinenlebensdauer" erfüllen zu können, muß der mechanische und elektrische Verschleiß auf das geringst mögliche Maß herabgesetzt werden. Der größte Verschleiß an den mechanischen Teilen eines Walzenschalters lag bekanntlich an der Rasteneinrichtung vor. Solange Rastenrad und Rastenhebel aus Metall bestanden, lag bei etwa 150 bis 300 000 Schaltungen die erreichbare Lebensdauer. Dabei wurden als Rastenfedern Zugfedern verwendet. Durch die Verwendung von Rastenrädern aus phenoplastischem Kunstharz mit Graphitzusatz konnte eine Steigerung um das 20 fache erzielt werden. Auch die Lager wurden aus Kunstharz hergestellt.

Bei den Walzenschaltern für hohe Schalthäufigkeit galt es, jegliche Relativbewegung zu vermeiden, die durch die Walzenkörperringe zur Aufnahme der Schaltsegmente auftreten konnten. Diese unangenehmen Relativbewegungen konnten nur durch die hohe Genauigkeit phenoplastischer Kunstharzringe erzielt werden. Bei den Stromschaltern für hohe elektrische Belastung wurden die Teile aus keramischem Isolierstoff beibehalten, da dieser eine sehr hohe Dauerwärmebeständigkeit (Ardorit bis 800°) besitzt.

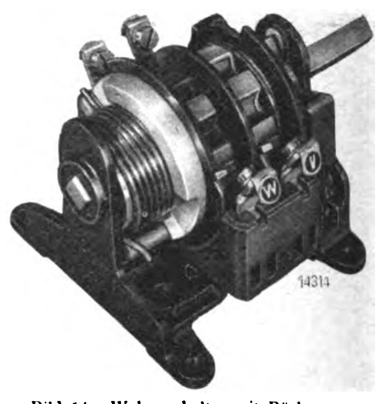


Bild 14. Walzenschalter mit Rückzugseinrichtung.

Bei Walzenschaltern lag häufig die Forderung vor, die Schaltwalze in eine bestimmte Stellung (Bremsstellung) nicht zu rasten, sondern nach Loslassen des Bedienungshebels selbsttätig in die Nullstellung zurückzuführen. Diese Aufgabe wurde durch entsprechende Formung der Rastenscheibe gelöst, so daß die Rastenfeder den Rückzug bewirken mußte. Bei selbsttätiger Rückführung der Schaltwalze aus beiden Richtungen oder aus einer Stellung, der bereits gerastete Stellungen vorlagen, z. B. bei Schaltern mit den Stellungen „Fräser", Vorschub, Eilgang nach beiden Seiten, wobei der Rückzug von der Eilgangsstellung auf die Vorschubstellung durchgeführt werden mußte, wurden Rasteneinrichtungen außerhalb des Walzenschalters notwendig. Bei dem neuen Walzenschalter mit Rückzugseinrichtung (Bild 14) wird die Rastung durch die bekannten Rasteneinrichtungen ermöglicht, die Rückführung durch eine kräftige, besonders angeordnete Feder. Die Aufhängung wird so durchgeführt, daß die Feder erst dann zur Wirkung kommt, wenn die Stellung geschaltet wird, die selbsttätig zurückgeführt werden muß.

Am Fuß des Lagerbügels ist ein Anschlag angeordnet, an den die Feder sich anlegt, sobald die Walze um den Schaltwinkel der gerasteten Stellungen sich gedreht hat. Die beiden Enden der Feder werden durch Anlegen an Stiften, die in einem Ring angebracht sind, vorgespannt und eingestellt. Die Stifte können je nach dem Schaltwinkel, den die gerasteten Stellungen einschließen, versetzt werden. Die kräftige Ausführung der Feder und deren zweckmäßige Aufhängung garantieren für eine hohe mechanische Lebensdauer entsprechend der Gesamtlebensdauer des Gerätes.

Bei **isoliertgekapselten Verteilern** bis 270 A Nennstrom mit Aluminiumschiene hat die F. Klöckner K. G. eine Weiterentwicklung durchgeführt. Bisher lagen die Sammelschienenkästen nur in Längen von 660 mm vor und nun wurde auch eine Sammelschienenkastenlänge von 330 mm geschaffen. Durch diesen neuen Sammelschienenkasten ist eine größere Anpassung an die Raumverhältnisse möglich. Außerdem ist die Ausnutzung bei gegebener Anzahl von Geräten größer.

Dieser neue Sammelschienenkasten wird vorteilhaft als Zuleitungsfeld verwendet. In dieser Eigenschaft kann er sehr häufig zur Erzielung einer symmetrischen Anordnung der Verteilung beitragen. Der Zusammenbau dieses neuen Sammelschienenkastens mit den bisherigen Sammelschienenkästen erfolgt in der üblichen Art.

Leitungen und Isolatoren

DK 621.315

Der Ausbau der großen Verbindungsleitungen zwischen Nord und Süd und Ost und West hat in letzter Zeit auch den Bau mancher Kabelstrecke für hohe Spannungen gebracht. An diesen Anlagen ist das Druckkabel der Felten & Guilleaume Carlswerk AG., Köln-Mülheim, mit einem großen Anteil beteiligt. An der Bauart der Rohrleitung und des Kabels hat sich seit der Einführung des Druckkabels in die Praxis nichts geändert, nur daß man jetzt auch die Kabel für 50 und 60 k[illegible]
als Dreimantelkabel mit ovalen Leitern und nicht me[illegible]
HSO-Kabel baut. Bei den Endverschlüssen hat [illegible]
führung des druckfesten Porzellanisolators [illegible]
Vereinfachung gebracht. Früher wurde [illegible]
der im Endverschluß wie in der Rohr[illegible]
einem Pertinax-Isolator aufgenomm[illegible]
hältnismäßig großen Porzellan[illegible]
einflüssen geschützt werden m[illegible]
Isolator, wie ihn in der [illegible]
zeigt, bietet eine schönen Au[illegible]
jedem Endverschluß [illegible]
das dafür sorgt, d[illegible]
wie in der R[illegible]
schwankun[illegible]


BBC
FAHRLEITUNGSANLAGEN
für Oberleitungsomnibusse


BBC

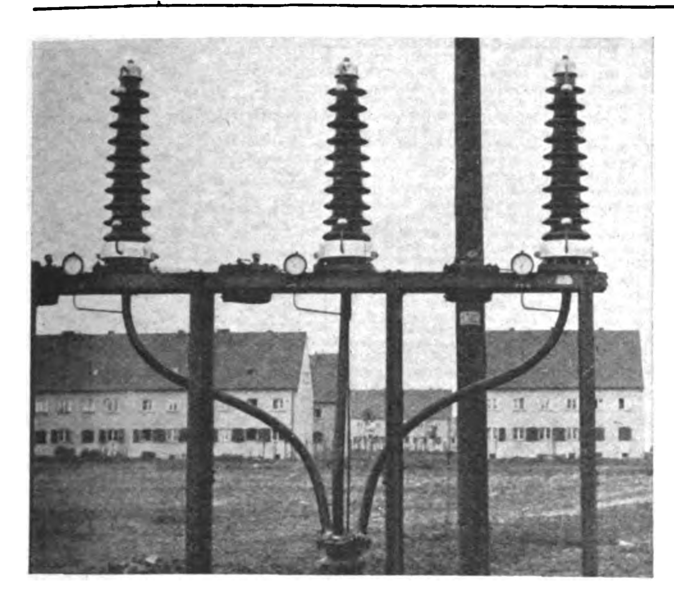


Bild 1. 120 kV-Druckkabelendverschluß mit druckfesten Porzellanisolatoren, Innendruck 15 at.

Temperaturdifferenzen ausgleicht. Eine Funkenstrecke schützt den Isolator im Falle eines Überschlages vor den hohen thermischen Beanspruchungen des Lichtbogens.

Für Spannungen von 20 bis 35 kV hat die gleiche Firma eine **Schnellmuffe** (S-Muffe) entwickelt, die eine schnelle Wiederherstellung gestörter Kabelverbindungen ermöglicht. Bei ihr werden die Leiter, gleichgültig, ob sie aus Kupfer oder Aluminium bestehen, durch starke Schraubklemmen, die guten Kontakt gewähren, verbunden. Über die Verbindungsstellen der drei Adern werden Pertinaxrohre geschoben, die durch kräftige Bandagen zusammengehalten werden. Eine starke Blechmuffe, aus zwei Schalen bestehend, die zusammen und mit dem Bleimantel durch einen Lötwulst verbunden werden, bildet den äußeren Abschluß der Muffe. Die Muffe wird, mit Isolieröl, das kalt eingefüllt wird, ausgegossen. Die Montagezeit einer derartigen Muffe beträgt 3 bis 4 Stunden. Nach ihrer Fertigstellung kann die Betriebsspannung sofort wieder eingeschaltet werden.

Bei Durchführungen verwendet man zum Fernhalten von Überschlägen stabförmige Schutzarmaturen, deren Enden man meistens mit Kugelelektroden ausrüstet, um die Einsatzspannung rundfunkstörender Glimmentladungen zu erhöhen. Die letztgenannte Wirkung wird aber beeinträchtigt oder aufgehoben, wenn sich im Betriebe, z. B. als Folge kurzzeitiger Überspannungen, Lichtbogen-Überschläge ausbilden und stehenbleiben. Ein stehenbleibender Lichtbogen verursacht nämlich auch auf Kugelelektroden scharfrandige Schmorstellen, die späterhin frühzeitige Glimmentladungen begünstigen. Anderseits verursacht ein Lichtbogen, solange er infolge der Feldwirkung des Lichtbogenstromes nach den offenen Stabenden hin wandert, keine Schmorstellen. Hieraus ergibt sich, daß man die Enden stabförmiger Schutzarmaturen so ausbilden muß, daß sie das stabile Weiterbrennen eines Lichtbogens verhindern und seine Fußpunkte zum Wandern, im vorliegenden Fall also zum Umlaufen, zwingen.

Diese Aufgabe wird nach umfassenden Versuchen[1]) der Hescho, Hermsdorf i. Thür., einwandfrei durch die von ihr entwickelten **Abbrandelektroden** gelöst. Bei einer derartigen Elektrode (Bild 2) muß der Fußpunkt eines zum Stabende strebenden Lichtbogens das kreisförmig gebogene Stück von *a* bis *b* durchlaufen. Der Lichtbogen, der bei *b* in Richtung der Tangente weiterbrennen will, findet dann bei *a* einen neuen Fußpunkt, springt über und durchläuft nochmals die Strecke *a* ... *b*, worauf sich dieses Spiel so lange wiederholt, bis der Lichtbogen durch Schalterauslösung oder durch Verlängerung unter dem Einfluß des Wärmeauftriebes abreißt. Die aus Bild 2 ersichtliche Unterbrechung zwischen *a* und *b* ist erforderlich, damit der Strom nur von einer Seite her zum Lichtbogen fließt, während die Verlängerung des Stabes um das vom Lichtbogen nicht berührte Stück *c* lediglich zur Verbesserung der Wärmeabfuhr dient.

[1]) H. Boeke, Hescho-Mitt. (1940) H. 81, S. 23.

Die vorerwähnten Versuche, die mit einem Stoßkurzschlußstrom von rd. 1500 A und einem Dauerkurzschlußstrom von 500 bis 450 A in der Weise vorgenommen wurden, daß ein 600 kVA-Schwungradgenerator auf die mit einem dünnen Kupferdraht überbrückte Schutzfunkenstrecke geschaltet wurde, haben weiter ergeben, daß vor der Lichtbogen-Beanspruchung die Einsatzspannungen von Glimmentladungen bei Abbrandelektroden etwas niedriger als bei Kugelelektroden des gleichen Durchmessers liegen. Dagegen lagen nach einer Brenndauer des Lichtbogens von 2 s die Glimmeinsatzspannungen der Abbrandelektroden um etwa ebensoviel höher. Außerdem war an ihnen keine Beschädigung festzustellen, während die der gleichen Beanspruchung unterzogenen Kugelelektroden große Schmorstellen und einfache Stabelektroden von 12 mm Dmr. überdies eine starke Verkürzung durch Abbrand aufwiesen.

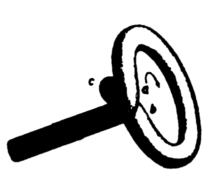


Bild 2. Vor Abbrand geschutzte Elektrode.

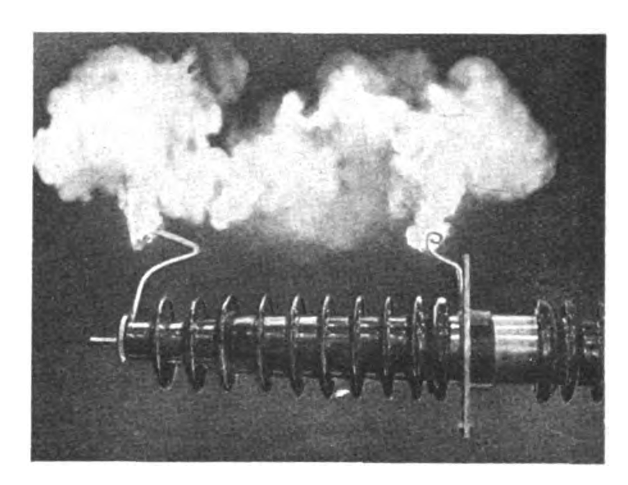


Bild 3. Leistungslichtbogen an einer 120 kV Mehrrohr-Durchführung. Schutzarmatur mit Abbrandelektroden nach Bild 2.

Bild 3 zeigt einen Leistungslichtbogen an einer 120 kV-Mehrrohr-Durchführung[1]), deren Schutzarmatur mit Abbrandelektroden nach Bild 2 ausgerüstet ist; dabei ist das Horn an der Abschlußkappe so gebogen, daß es die Längung und das Hochsteigen des Lichtbogens begünstigt. Wenn die Aufnahme natürlich auch das Rotieren der Lichtbogen-Fußpunkte nicht wiedergeben kann, so ist dies doch daraus erkennbar, daß die ganze Abbrand-Elektrode von ihm bedeckt ist.

Die Hescho, Hermsdorf i. Thür., bringt als weiteres Erzeugnis ihres Fabrikationsprogramms neuartige **Leitungsstützer** (Bild 4) heraus; es sind dies Freileitungsisolatoren, die in sechs Größen für Nennspannungen von 10 bis 35 kV hergestellt werden. Ihre Hauptkennzeichen sind ein vollwandiger, mit kräftigen Schirmen ausgerüsteter, 220 bis 400 mm hoher durchschlag- und steinwurfsicherer Porzellankörper sowie ein großer Oberflächenweg und damit eine hohe Überschlagsicherheit auch bei starker betrieblicher Verschmutzung und ungünstiger Witterung. Bei dem großen Abstand der spannungführenden von der geerdeten Elektrode sind sie außerdem frei von Rundfunkstörungen, so daß sie sich namentlich für Mittelspannungsnetze eignen, bei denen auf die unbedingte Durchschlagsicherheit der Isolatoren und das Vermeiden von Rundfunkstörungen besonderer Wert gelegt wird. Hinzu kommt, was gerade heute sehr erwünscht ist, daß ihre Befestigung auf den Masten einen weit geringeren Eisenaufwand als die der durchschlagsicheren Vollkern-Stützenisolatoren der VS-Reihe erfordert. Bei den Hescho-Leitungsstützern wird hierzu statt der losen oder vernieteten Stützen lediglich ein Gewindebolzen benötigt, der von unten in die auf ihr Fußende aufgekittete Eisenkappe eingeschraubt und durch eine federnde Zahnscheibe

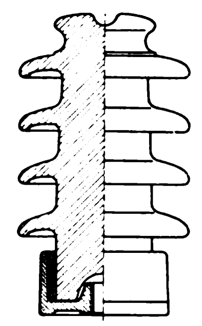
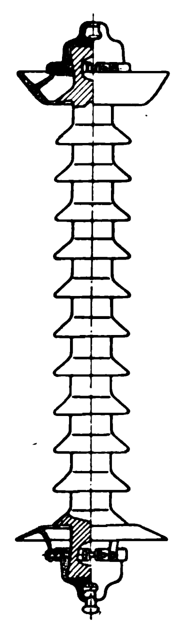


Bild 4. Leitungsstützer.

[1]) ETZ 58 (1937) S. 217.

gegen Herausdrehen gesichert wird. Auch sind diese Leitungsstützer allen im praktischen Betrieb möglichen mechanischen Beanspruchungen voll gewachsen, da bei sämtlichen Größen die Biege-Bruchlast gegenüber einer senkrecht zu ihrer Längsachse in der Halsrille angreifenden Zugkraft mindestens 1000 kg beträgt und damit ebenso hoch wie bei den vorerwähnten VS-Isolatoren liegt.

Die Vereinigten Köppelsdorfer Porzellanfabriken, Köppelsdorf i. Thür., haben eine neue **Lichtbogenschutzarmatur für Langstabisolatoren** (Bild 5) herausgebracht[1],



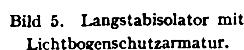


Bild 5. Langstabisolator mit Lichtbogenschutzarmatur.

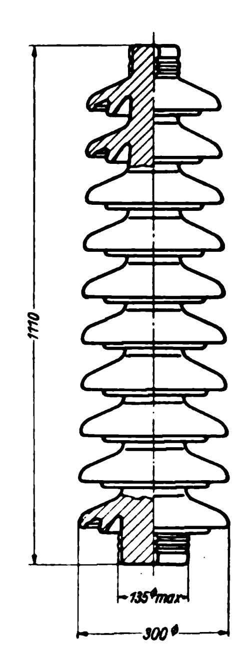


Bild 6. Vollkernstützer.

die das Ansetzen des Lichtbogens an den Kappen und dadurch eine Beschädigung der Schirme oder gar den Bruch des Isolators mit Sicherheit verhindert. Aus der Blechschirmarmatur ist eine konische Ringarmatur aus Gußeisen entwickelt worden, die die wesentlichen Merkmale der Blechschirmarmatur trägt, gegenüber dieser aber den weiteren Vorteil des geringeren Abbrandes bei etwaigem Auftreten eines Leistungslichtbogens infolge direkten Kurzschlusses besitzt. Die Armatur ist unmittelbar an den Kappen befestigt, wodurch die Unveränderlichkeit des geringen Abstandes der inneren Ränder der Konusarmatur von den endständigen Schirmen des Isolators gewährleistet ist. Die Einhaltung dieses Abstandes ist wesentlich für die Abschirmung der Kappenränder zur Vermeidung des Ansatzes des Lichtbogens an diesen. Damit ist der Langstabisolator bei allen Witterungsverhältnissen gegen den zerstörenden Einfluß von Erdschluß- und Kurzschlußlichtbögen wirksam geschützt und kann auch dort zur Aufhängung kommen, wo seine Verwendung bisher wegen Verschmutzungsgefahr nicht möglich war.

Von der gleichen Firma werden jetzt **Stützer aus Vollporzellan** auf den Markt gebracht, deren Herstellung bei den hier in Frage kommenden Größen für Betriebsspannungen von 100 kV an aufwärts bisher nur als Hohlstützer möglich war. Dabei mußte dann zur Vermeidung von Taubildung im Innern und daraus folgender Gleitfunkenbildung zu umständlichen, verteuernden und wenig betriebssicheren Kunstlösungen gegriffen werden. Bei der Herstellung von Vollkernstützern der hier vorliegenden Abmessungen bestand die Schwierigkeit in der Erreichung vollkommen homogenen Materials auf der ganzen Länge. Dank der langjährigen Erfahrungen der Vereinigten Köppelsdorfer Porzellanfabriken in der Fertigung starkscherbiger Porzellanwalzen für Mahlzwecke ist es ihr möglich, Vollkörper derartiger Ausmaße nach einem besonderen Verfahren herzustellen und mit Sicherheit homogen zu brennen.

Bild 6 stellt einen Vollkernstützer der Reihe 110 in nebelsicherer Ausführung mit Doppelschirmen dar. Für diesen Stützer, dessen Fußdurchmesser nur 135 mm beträgt, wird eine Umbruchkraft von 450 kg gewährleistet. Seine Überschlagspannung entspricht bei den vorgeschriebenen Abmessungen den VDE 0111/1932.

[1] P. Hochhäusler, ETZ 61 (1940) S. 891.

Als weitere Neuerung der gleichen Firma ist die Freiluft- und Innenraum-**Wanddurchführung mit Preßstoff-Gewindering** und -mutter zu nennen (Bild 7). Sie wurde aus der Forderung heraus geschaffen, einen guten festen Sitz in jeder Schaltzellenwand bei leichtem Einbau und bequemer Auswechselbarkeit zu ermöglichen. Die Befestigung erfolgt durch Gewindering mit Mutter aus Preßstoff, die gleichzeitig als Flansch ausgebildet ist. Der Gegenflansch aus Porzellan unterscheidet sich von den bekannten Ausführungsarten dadurch, daß die Befestigungslöcher fehlen, wodurch die Durchführung ein formschönes Aussehen bekommt. Der Gewindering wird auf der Durchführung durch einen Sprengring gehalten, der ebenfalls aus einem zähen elastischen Preßstoff besteht. Durch die kittlose Befestigung des Gewinderinges ist ein gewisser Bewegungsspielraum geschaffen, der ein sicheres Anliegen der Durchführungsflansche an der Wand gewährleistet. Infolge des Wegfalles jeglicher Metallteile am Flansch wird eine bedeutend erhöhte Überschlags- und Durchschlagsfestigkeit erzielt. Die Durchführung wird als Innenraum- und Freiluftdurchführung hergestellt. Bei der Freiluftausführung ist die Anbringung verschiedenfarbiger Glasur für Freiluft- und Innenraumteil möglich, also z. B. außen braun, innen weiß. Der Preßstoff-Gewindering wird der Farbe der jeweiligen Glasur angepaßt. Die Durchführung wird vorerst für die Nennspannungen 10, 20 und 30 kV hergestellt.

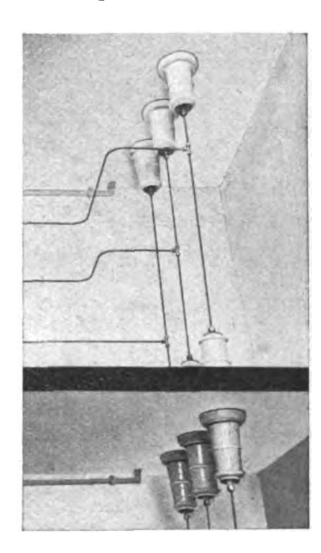


Bild 7. Wanddurchführung mit Preßstoff-Gewindering.

Entsprechend den Bedürfnissen der fortschrittlichen Konstruktion der Fahrleitungen für die neuzeitlichen Kran- und Bahnbetriebe stellt die Firma August Stemmann, Fabrik elektrotechnischer Artikel, Münster i. Westf., für diese Zwecke geeignete **Isolatoren** und **Stromabnehmer** her, welche sich durch besondere Vorzüge auszeichnen. Diese bestehen bei den

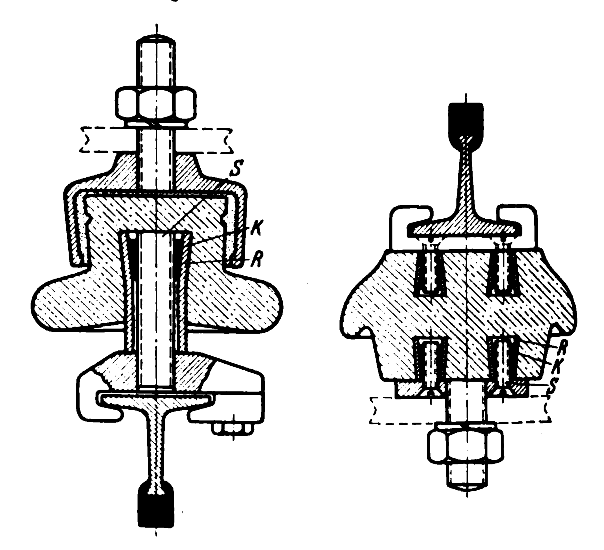


Bild 8. Isolator mit Sicherungsschraube als Tragbolzen.

Bild 9. Isolator mit Sicherungsschraube als Befestigungsschraube.

Stromabnehmern in der konstruktiven Art der Gelenke, Federn und Schleifkontakte, um eine einwandfreie Kontaktwirkung bzw. Stromabnahme an den Fahrleitungen zu erzielen.

Als charakteristisches Konstruktionselement sind die geschlitzten Rohre und die mit Innengewinde versehenen Kegel zur Befestigung des Isolators hervorzuheben. In den kegelförmigen Löchern bzw. in das Gesenk der Isolierkörper wird

das mit Schlitzen versehene Rohrstück *R* durch einen Kegel *K* so aufgeweitet, daß beide Teile einen festen Sitz bekommen. Der Kegel *K* ist mit Innengewinde versehen; sein Sitz wird durch die Sicherungsschraube *S* gesichert. Diese Sicherungsschraube *S* kann zugleich auch als Tragbolzen (Bild 8) oder als Befestigungsschraube der Armatur (Bild 9) dienen. Die Befestigung der geschlitzten Rohrstücke mit den Kegeln erfolgt durch eine zu diesem Zweck konstruierte und besonders patentierte Presse, die mit elastischen Zug- und Druckelementen ausgerüstet und mit Kontrollvorrichtungen versehen ist, wodurch die Spannungen kontrolliert und begrenzt werden, so daß ein dauerhaft guter und zweckmäßiger Sitz der in den Porzellankörpern befestigten Konstruktionsteile gesichert ist. Sehr wesentlich ist es, daß der Sitz dieser in den Porzellan- bzw. Steatitkörpern befestigten Teile eine gewisse Elastizität hat, wodurch die Isolatoren einen Schutz gegen Bruch haben, wenn sie stärkeren mechanischen Erschütterungen und Temperaturschwankungen unterliegen. Die Stemmann-Isolatoren sind nicht nur für Kran- und Bahn-Fahrleitungen, sondern auch für Freileitungen, Kabel, Schaltanlagen und Apparate geeignet.

Die **Isolierung der Dynamodrähte** wurde im vergangenen Jahre bei der Felten & Guilleaume Carlswerk AG., Köln-Mülheim, in großem Umfange auf Heimstoffe umgestellt. An Stelle der Öllacke wurden ölarme und z. T. ganz ölfreie Lacke entwickelt, die in thermischer Hinsicht den bisher verwendeten Öllacken teilweise noch überlegen waren. An Stelle der Naturseide läßt sich in vielen Fällen die elektrisch gleichwertige Triacetatseide verwenden. An Stelle der feineren Baumwollgarne wurden mit Vorteil Kupfer-Kunstseide für Bewicklungen und Viskose-Kunstseide für Beflechtungen, und an Stelle der gröberen Baumwollgarne Zellwolle, Papier und Kombinationen zwischen diesen Stoffen angewendet. Zur Erzielung einer größeren mechanischen Festigkeit der Isolationsschichten aus den neuen Isolierstoffen werden diese, wenn erforderlich, entweder auf den Leiter geklebt oder aber mit Imprägnierlacken getränkt.

Die Drähte mit wärmebeständiger Isolation, die im Carlswerk unter der Bezeichnung Neptun-Asbestdrähte seit vielen Jahren hergestellt werden und eine große Anwendung gefunden haben, konnten auch im vergangenen Jahre noch in großen Mengen hergestellt werden, insbesondere, da ein neues Isolierverfahren auch die Verwendung von kurzfaserigen Asbestsorten ermöglicht hat. Daneben wurden mit Erfolg Drähte mit Glasfaserisolierung angefertigt, die sich in elektrischer und thermischer Hinsicht den Neptun-Asbestdrähten gleichwertig gezeigt haben. Eine geringere mechanische Festigkeit muß jedoch hierbei noch in Kauf genommen werden, so daß bei der Weiterverarbeitung dieser Drähte die üblichen Wickelmethoden eine Änderung erfahren müssen.

Fernmeldetechnik

DK 621.39

In dem Bestreben, durch Mehrfachausnutzung der Leitungen eine größere Wirtschaftlichkeit zu erzielen, gingen verschiedene Länder in letzter Zeit dazu über, neben der bekannten Ausnutzung leicht belasteter Kabelleitungen mit einem zusätzlichen Trägergespräch nach dem L-System speziell unbelastete Sternviererkabel für Vielfach-Trägerfrequenzbetrieb, sogenannte **U-Kabel**, zu verlegen. Es handelt sich bei letzteren um die Verwendung zweier getrennter Fernsprechkabel für Gegenrichtungsbetrieb in Vierdrahtschaltung mit einer Anzahl papierluftraumisolierter Sternvierer, deren Stammleitungen zur Übertragung einer Reihe von Kanälen bis rd. 60 kHz bei einem normalen Verstärkerabstand von 30 bis 40 km geeignet sind. Im vergangenen Jahre lieferte die Felten & Guilleaume Carlswerk AG. solche U-Kabel zusammen mit der Siemens & Halske AG. für die 60,6 km lange Strecke Malmö—Hälsingborg[1]) (2×7 Sternvierer mit 168 Gesprächsverbindungen bei 4 kHz Trägerabstand) und allein für die 64,3 km lange Strecke s'Gravenhage—Amsterdam[2]) (2×12 Sternvierer mit 336 Gesprächsverbindungen, zunächst noch nicht voll ausgenutzt).

Kennzeichnend für den Bau solcher U-Kabel ist, daß, um das Optimum der Leitungsdämpfung mit wirtschaftlich geringstem Aufwand zu erzielen, gewisse Gesichtspunkte hinsichtlich der Bemessung der Leiterstärke, der Isolierung der Einzelader und des Sternvierers berücksichtigt werden müssen, die gegenüber der Bauweise der gewöhnlichen Fernkabel für niederfrequenten Betrieb nicht unwesentlich abweichen. Geht man nämlich von einer gegebenen Leitungsdämpfung aus, so erhält man die wirtschaftlichsten Viererabmessungen mit einer wesentlich niedrigeren Betriebskapazität als normalerweise üblich. Das bedeutet, daß man geringere Leiterstärken und dickere Isolierungen im Verhältnis zum Viererdurchmesser wählen muß. Dementsprechend wurde die Betriebskapazität $\leq$ 30 nF/km gehalten. Mit der vorgeschriebenen Leiterstärke von 1,3 mm für die Anlage in Holland konnte eine Leitungsdämpfung von 0,140 Neper/km bei 50 kHz gewährleistet werden. Das Schwedenkabel wurde sogar nur mit einer Leiterstärke von 1,0 mm ausgeführt entsprechend der Forderung für die Leitungsdämpfung von 0,203 Neper/km bei 60 kHz. Hinsichtlich der übrigen elektrischen Eigenschaften sind die beiden Kabelanlagen vor allem in zweierlei Hinsicht bemerkenswert: erstens wegen der hohen Längs- und Quergleichmäßigkeit der Betriebskapazität und somit auch des Wellenwiderstandes, zweitens wegen der hohen Kopplungsfreiheit an den Werklängen und des guten Gegennebensprechniveaus im fertigen Kabel. Die max. Streuung der Betriebskapazität an den Werklängen betrug nur $\pm 2\frac{1}{2}$% und hatte zur Folge, daß die größte Abweichung des Wellenwiderstandes von der Sollkurve bis zur höchsten Übertragungsfrequenz noch unter 3,5% lag. Als niedrigster Gegennebensprechwert im Verstärkerfeld konnte im Schwedenkabel nach dem Zusammenschalten lediglich durch einen systematischen Im-Vierer-Kreuzungsausgleich 8,9 Neper erreicht werden, so daß auf einen konzentrierten Ausgleich verzichtet wurde. Bei Anwendung eines konzentrierten Ausgleichs können die Gegennebensprechwerte für das Frequenzband bis 60 kHz sogar auf etwa 10 Neper gehoben werden. Das Hollandkabel zeigte hinsichtlich des erreichten Gegennebensprechniveaus infolge der größeren Leiterstärke noch günstigere Ergebnisse, so daß seitens der Verwaltung der Plan erwogen wird, im Bedarfsfalle den Übertragungsbereich durch Aufstellung weiterer Zwischenverstärker auf etwa 100 kHz zu erhöhen. Es besteht jedenfalls kein Zweifel, daß die neue Leitungsart infolge ihrer technischen Überlegenheit und wirtschaftlichen Wettbewerbsfähigkeit neben anderen Übertragungssystemen noch weitere Verbreitung finden wird.

Das Dralowid-Werk der Steatit-Magnesia AG. hat die Reihe seiner Hochfrequenz-Spulenkonstruktionen mit Hartpreß-Gewindekern aus Draloperm-Hochfrequenzeisen durch zwei interessante Modelle ergänzt. Die Entwicklung erfolgte mit Rücksicht auf die Forderungen der Gerätekonstrukteure nach zweckmäßiger Anpassung, mechanischer Vereinfachung und Verbilligung unter Wahrung oder sogar Verbesserung der günstigen elektrischen Eigenschaften der Spulen.

Bei der Konstruktion der **Dralowid-Gewindespule** M 8×0,75 (Bild 1) gelang es durch Anwendung von nur drei Einzelteilen, das Gesamtaggregat zu vereinfachen und zu verbilligen. Ein Vierkammer-Spulenkörper aus Trolitul mit Innengewinde M 8 × 0,75 trägt an den Stirnflächen die Befestigungselemente; ein angespritzter Spiralkeil kann mit einem Montage-Schlüssel, der in zwei gegenüberliegende Zapfen greift, in einem gestanzten Spiraldurchbruch festgerenkt werden. Für kleinere Fertigungsserien können auch die Zapfen in Bohrlöchern nach warmer Umbördelung die Befestigung besorgen. Als Gewindekerne können je nach Wunsch drei Typen genommen werden:



Bild 1. Gewindespule.

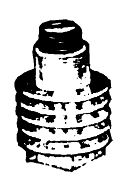


Bild 2. Kleinspule.

M 8×0,75×20 mit Sechskant
M 8×0,75×17 mit Sechskant
M 8×0,75×17 ohne Sechskant.

Der zügige Gang des Gewindekernes wird durch Einlage eines Mipolamringes erreicht. Die Kombination von Spulenkörper und Kernhalter bringt neben einer Verbilligung auch einen Anstieg der Güte und effektiven Permeabilität, da die Wicklung äußerst nahe am wirksamen Eisen liegt. Es können Induktivitäten von 0,5 bis 8 mH hergestellt werden.

Die **Dralowid-Kleinspule** M 6 × 0,5 (Bild 2) ermöglicht dem Gerätekonstrukteur bei engen Raumverhältnissen (Auto-

[1]) Europ. Fernsprechdienst (1940) H. 55, S. 98.
[2]) Felten & Guilleaume Rdsch. (1940) H. 26, S. 8.



empfänger, Kofferempfänger), eine Spule mit brauchbaren elektrischen Werten zu verwenden. In ihrem Konstruktionsprinzip und somit in ihren mechanischen und elektrischen Werten entspricht die Kleinspule M 6×0,5 der Gewindespule M 8×0,75. Der Mipolamring fällt weg, der zügige Gang wird in bekannter Weise mit geeigneten konsistenten Schmiermitteln erreicht. Die Befestigung erfolgt in einem Vierkantloch durch warme Umbördelung der Ecken des Vierkantes am Trolitulkörper.

Sicherungen

DK 621.316.9

Nach § 19 von VDE 0140/1932 „Leitsätze für Schutzmaßnahmen in Starkstromanlagen mit Betriebsspannungen unter 1000 V" muß bei Transformatoren mit einer Oberspannung über 250 V der Sternpunkt oder ein Außenleiter direkt oder über eine Durchschlagsicherung geerdet werden. In den weitaus meisten Fällen wird man den Sternpunkt starr an Erde legen, insbesondere, wenn die Netzspannung 380/220 V beträgt. In manchen Fällen ist jedoch die starre Erdung nicht erwünscht oder überhaupt nicht möglich, so z. B. wenn die Unterspannungsseite des Transformators in Dreieck geschaltet ist oder Störungen im Fernsprechnetz zu erwarten sind. Hier muß eine **Durchschlagsicherung** eingebaut werden.

Diese besteht aus zwei Elektroden, die durch eine gelochte Glimmerscheibe oder einen Isolierring distanziert sind. Tritt infolge eines Durchschlages im Transformator oder infolge Überschlages an seinen Klemmen an der Sicherung eine Überspannung auf, die höher liegt als ihre Ansprechspannung, so tritt zwischen den Elektroden ein Durchschlag auf, der sie u. U. verschweißt. Dadurch wird eine leitende Verbindung und gegebenenfalls starre Erdung erzielt.

Die AEG hat nun eine neue Durchschlagsicherung zum Anschluß an Transformatoren über 500 kVA Nennleistung entwickelt. Die Funkenstrecke ist ausgelegt für Sekundärspannungen bis 550 V, in seltenen Fällen auch für Spannungen von 550 bis 1000 V. Die Ansprechspannungen liegen bei 1,5 und 2,8 kV Scheitelwert, damit bei etwaigem Erdschluß noch kein Ansprechen erfolgt. Die Funkenstrecke selbst, die mit einem Isolierring zu einem einheitlichen Körper verbunden ist, wird federnd zwischen zwei Elektroden eingespannt und ist nach Abnahme des oberen Deckels leicht auswechselbar. Da die Durchschlagsicherung imstande sein muß, den hochspannungsseitig auftretenden Erdschlußstrom zu führen, sind die Strombahnen und die Anschlüsse entsprechend kräftig ausgeführt. Feuchtigkeitsempfindliche Stoffe sind vermieden; sie ist deshalb auch ohne weiteres in Freiluftanlagen verwendbar.

Für Transformatorenstationen, wo grundsätzlich ein einfacher Sicherungsschutz genügt, dabei aber nennenswerte Kurzschlußströme abgeschaltet werden müssen, hat die Firma Sprecher, Schuh & Cie., Linz a. D., eine **Hochleistungssicherung** entwickelt, die es erlaubt, den für kleine Anlagen verhältnismäßig teuren Ölschalter zu umgehen.

Die Wirkung der Sicherung, Type FP, beruht auf Entionisierung der Luft durch Wärmeabgabe des Lichtbogens an die umgebende Masse beim Ansprechen des Schmelzdrahtes. Grundlegend für die Konstruktion ist die richtige Wahl des Verhältnisses der Menge erzeugten Metalldampfes zur Kühlungsoberfläche der eindringenden Kühlmasse und der Austrittsgeschwindigkeit der Dämpfe. Hierzu kommt zur Erhöhung der Wirkung die Rückkühlung und Entionisierung der austretenden Dämpfe in den Entionisierungskammern in den Enden der Patrone. Die Sicherungen unterbrechen bereits vor dem natürlichen Nulldurchgang des Stromes, und zwar bei sehr großen Strömen in weniger als ¼ Welle, ohne unzulässig hohe Überspannungen zu erzeugen. Neben der hohen Abschaltleistung ist die Abwesenheit jeglicher Flüssigkeit von großer Bedeutung, da hierdurch Brand- und Explosionsgefahr vermieden ist und es außerdem möglich ist, die Sicherung in jeder beliebigen Lage einzubauen.

Auf dem Gebiet der Niederspannungs-Hochleistungs-Sicherungen sei als Neukonstruktion der Firma Voigt & Haeffner AG., Frankfurt a. M. die **steuerbare Sicherung** genannt. Die Arbeitsweise bei Überlastung und Kurzschluß ist die gleiche wie die der normalen bekannten Hochleistungs-Sicherungen, sie kann jedoch unabhängig von der Höhe der Belastung durch einen Nebenstromkreis von einer entfernt der Sicherung angeordneten Betätigungsstelle aus zum Ansprechen gebracht werden. Die Unterbrechung wird hierbei durch einen Zündsatz eingeleitet. Dieser wird durch den Nebenstrom zum Entzünden gebracht und entwickelt dabei die erforderliche Wärmemenge, um den Schmelzleiter in kürzester Zeit zum Abschmelzen zu bringen. Eine Sicherung dieser Bauart kann z. B. auf der Niederspannungsseite den Überlastungsschutz eines Transformators und den Schutz gegen schleichende Transformatorenfehler über Buchholz- und Wärmerelais übernehmen. Bei Rückströmen kann die Unterbrechung über ein Rückwattrelais eingeleitet werden. Diese Sicherung ist also in der Lage, in gewissem Umfang einen Schalter zu ersetzen.

Meß- und Prüfgeräte

DK 621.317

Die Anforderungen, die an eine neuzeitliche Dauerprüfmaschine gestellt werden, sind außerordentlich vielseitig. Die Maschine muß Wechselkräfte erzeugen und gleichzeitig die Möglichkeit bieten statische Kräfte zu erzeugen, um den gesamten Bereich der Dauerfestigkeit von der Zug- bis zur Druckfließgrenze zu beherrschen. Ebenso wichtig ist es, daß bei der Prüfung die Möglichkeit gegeben ist, unter erhöhter und erniedrigter Temperatur zu prüfen. Ein rasch verlaufender Antrieb zur Erreichung hoher Lastwechselzahlen in der Zeiteinheit soll die nötige Prüfzeit auf das Mindestmaß beschränken, um die Prüfleistung zu steigern und schnell Ergebnisse zu erhalten.

In Bild 1 ist eine Zug-Druck-Wechselprüfmaschine für 20 t Last dargestellt. Bild 2 zeigt schematisch die Wirkungsweise der gleichen Maschine. Durch den in Bild 1 vorn sichtbaren Elektromotor wird die Biegefeder *e* in Bild 2 durch die Unwucht *g* angestoßen und zum Schwingen gebracht. Da die an der Probe *c* hierdurch erzeugte Wechselkraft von der Größe der Schwingung abhängt, so ist es nötig die Größe derselben innerhalb enger Grenzen konstant zu halten. Da es sich um Resonanzschwingungen handelt, so bedingt eine geringe Abweichung bereits eine große Änderung der Wechselkraft. Zur Betätigung des hierzu erforderlichen elektrischen Regelgerätes trägt die Schwingfeder in Bild 2 die Kontaktvorrichtung *h*. Bild 3 gibt

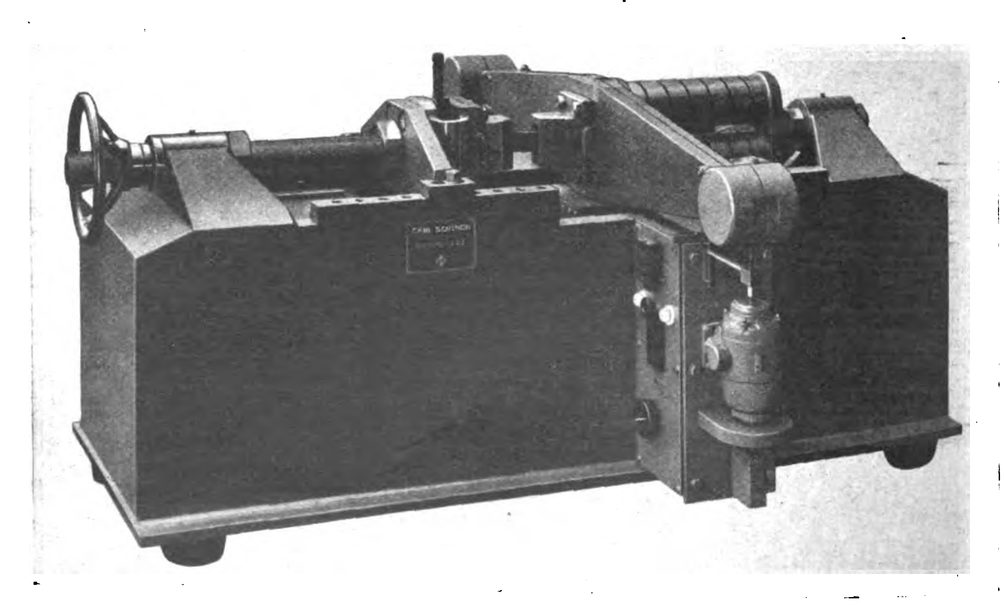
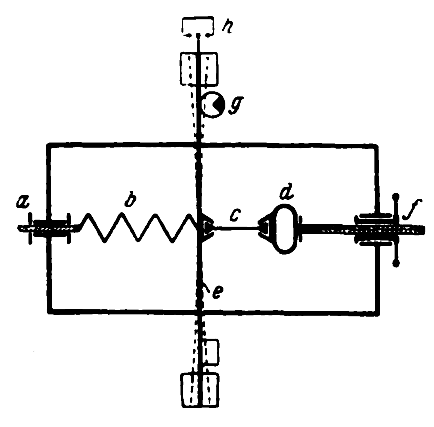


Bild 1. Zug-Druck-Wechselprüfmaschine für 20 t Last.



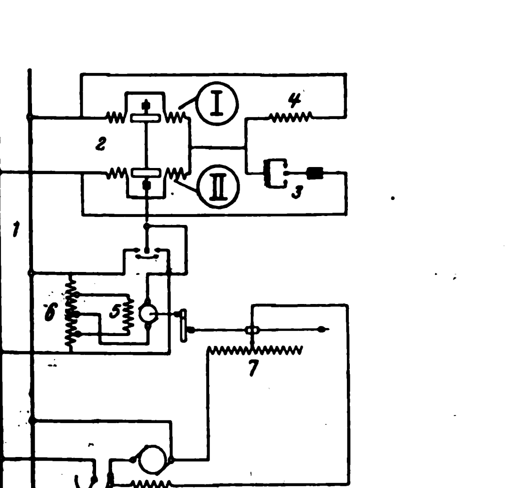
a Verstellung der Vorspannung
b Vorspannfeder
c Probe
d Meßeinrichtung
e Schwingfeder
f Verstellung der Probengröße
g Unwuchterreger
h Ausschlagsteuerung

Bild 2. Schema der Maschine.

Kontakte K — l_2 — l_1 — a_2 a_1 — Änderung der Kontaktdauer bei Ausschlagvergrößerung — Schwingung — K — K_1 — K — Zeit — Stromstöße

Bild 4. Wirkungsweise der Steuerkontakte.

das Schaltbild des zugehörigen Regelgerätes. Der Teil 2 zeigt ein Differentialrelais, mit den 2 getrennten Magnetsystemen *I* und *II*, zu denen zwei um 90° versetzte T-Anker gehören. Durch Parallelschaltung eines hohen Widerstandes *4* zum System *I* wird das Gleichgewicht so gestört, daß das System *II* überwiegt. Hierdurch wird der Nebenschlußregler *7* durch den Steuermotor *5* so verstellt, daß der Unwuchterregermotor schneller läuft, wodurch sich der Schwingungsausschlag vergrößert. Parallel zum System *II* liegt der Kontaktgeber *3*, der nach beiden Seiten das System *II* zeitweilig kurz schließt. Hierbei steht der gabelförmige Teil des Kontaktgebers *3* still, während der bewegliche Teil mit der Schwingfeder *e* in Bild 2 schwingt. Mit zunehmender Schwingung vergrößert sich die Kontaktdauer, mit abnehmender verringert sie sich. Dieser Vorgang ist in Bild 4 dargestellt. Durch den Abgleichwiderstand *4* in Bild 3 wurde das Gleichgewicht so verändert, daß der Steuermotor *5* in Bild 3 den Nebenschlußregler *7* so verstellt, daß die Schwingung größer wird. Die Summe der Stromstöße in Bild 4 wirkt wie ein parallel zum System *II* gelegter Widerstand. Ist die Kontaktdauer hinreichend groß, so wird das System *II* so geschwächt, daß *I* überwiegt und der Antriebsmotor auf geringere Umlaufzahlen reguliert. Auf diese Weise wird der Schwingungsausschlag innerhalb enger Grenzen gehalten und damit eine fast konstante Wechsellast erreicht. Die Regeleinrichtung übernimmt gleichzeitig die selbsttätige Abschaltung der Prüfanlage, weil beim Bruch der Probe die Schwingung verschwindet. Dadurch überwiegt *I* und fährt den Nebenschlußwiderstand *7*



1 Netz
2 Differentialrelais
3 Steuerkontakte
4 Abgleichwiderstand
5 Steuermotor
6 Spannungsteiler
7 Regelwiderstand
8 Antriebsmotor

Bild 3. Schaltbild des Reglers nach A. Slattenscheck und Wolfgang Kehse.

in Bild 3 in seine Endlage, wobei der in Bild 5 sichtbare obere Endausschalter betätigt wird und die Anlage still setzt. Mit diesem **Regelgerät für Materialprüfmaschinen** von Walter Kehse, Bensheim a. d. Bergstraße, lassen sich Regelgenauigkeiten von ± 2% bis ± 1% entsprechend der Größe des eingestellten Schwingungsausschlages erreichen. Das Gerät ist nicht in seiner Anwendung auf Zug-Druck-Pulser beschränkt, sondern es lassen sich damit allgemein elektrisch angetriebene Schwingungssysteme in ihren Ausschlägen gleichhalten. Es sei besonders an die heute in steigendem Maße verwendeten Schwingprüfungen zur Ermittlung der Dauerfestigkeit von Bauteilen gedacht, für welche diese Steuereinrichtung ein wesentliches Hilfsmittel zur Erhöhung der Versuchsgenauigkeit bedeutet. Da

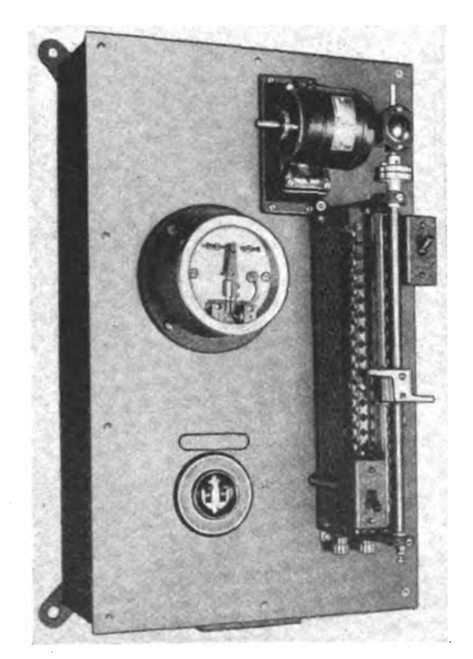


Bild 5. Ansicht des montierten Regelgerätes.

allein die Größe der Schwingung für die Regelung ausschlaggebend ist, so bleiben geringe Schwankungen der Netzspannung, oder die Erwärmung des Antriebsmotors ohne Einfluß.

Das Fabrikationsprogramm von W. H. Joens & Co., Düsseldorf, wurde vervollständigt durch die Herstellung von wartungsfrei arbeitenden **pH-Wert-Registrier- und Regelanlagen,** die entweder mit der als Durchflußgeber ausgebildeten

Glaselektrode im p_H-Wertbereich zwischen 1 bis 12, oder mittels der mit rotierenden Bürsten versehenen Antimon-Elektrode im p_H-Wertbereich von 2 bis 9 ausgeführt werden. Die Antimon-Elektrode mit rotierenden Bürsten wird als Eintauch- und als

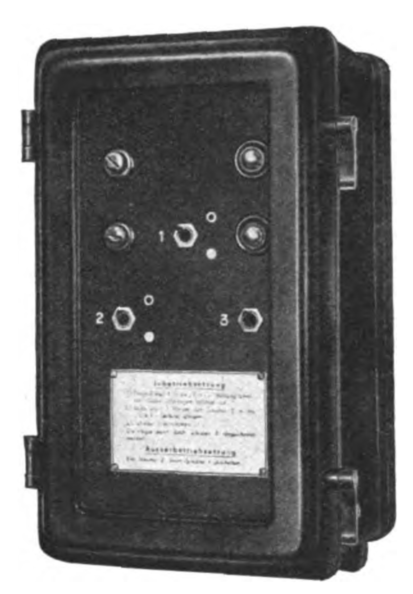
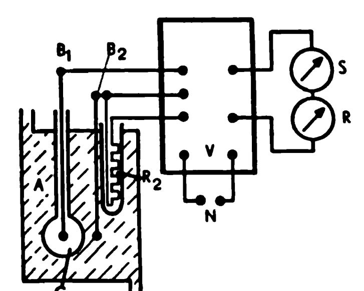


Bild 6. Ansicht des Kompensolux.

Durchflußgeber verwendet. Um die bei der stromverbrauchenden Spannungsmessung auftretenden Polarisationsfehler sowie die durch den mit der Temperatur sich beträchtlich ändernden



A Meßflüssigkeit
*B*1, *B*2 Kalomel-Elektroden
C Glasmembrane
V Verstärker
S Schreiber
R Regler
*R*2 Pt-Kompensationswiderstand in Glas eingeschmolzen
N Netz

Bild 7. Schaltung des Kompensolux.

Innenwiderstand der p_H-Wertgeber hervorgerufenen Meßfehler zu vermeiden, werden die entsprechend den p_H-Werten am Geber erzeugten EMKe mit Hilfe des lichtelektrischen, selbsttätig abgleichenden Lindeck-Rothe-Kompensators **Kompensolux** (Bild 6) gemessen[1]). Die Wirkungsweise dieses Kompensators beruht darauf, daß ein in die Zuleitung vom Meßwertgeber zum selbsttätig abgleichenden Kompensator geschaltetes (im Kompensator befindliches) hochempfindliches bandaufgehängtes Spiegelgalvanometer mit Hilfe einer lichtzeiger-gesteuerten rotempfindlichen Photozelle den Innenwiderstand eines Elektronenrohres solange ändert, bis der dieses Rohr durchfließende Anodenstrom an einem Präzisionswiderstand den Spannungsabfall erzeugt, welcher der zu messenden Spannung entgegengesetzt gerichtet und gleich groß ist. Für die Steuerung des Anodenstromes zwischen einem Wert nahe bei Null und dem maximalen vom Elektronenrohr abhängigen Wert benötigt der Nullstromkreis eine Stromstärke, die etwa 10^{-8} A beträgt. Die Schaltung des vollnetzbetriebenen Kompensolux mit einem aus einer Glasmembrane und zwei gesättigten Kalomel-Elektroden bestehenden p_H-Wertgeber und einem p_H-Wertschreiber sowie einem p_H-Wert-Regler im Ausgang des „Kompensolux" ist in Bild 7 dargestellt. Der Präzisionswiderstand, an dem die der Meßspannung entgegengesetzt gerichtete Spannung vom Anodenstrom erzeugt wird, befindet sich auf der Temperatur der Meßlösung. Sein Temperaturkoeffizient ist so gewählt, daß er den Einfluß des im Raumtemperaturbereich konstanten Temperaturkoeffizienten der p_H-Wertmessung von $+ 0,3\%/°C$ ausgleicht. Hierdurch wird die p_H-Wertregelung bzw. -Registrierung unabhängig von der Temperatur der Meßlösung. Der Kompensolux kann mit einem Thermoelement als Geber zur Registrierung von schnell veränderlichen Temperaturen mit einem Drehspul-Linienschreiber verwendet werden. Die zeitliche Verzögerung zwischen der am Thermoelement auftretenden Spannung und der Registrierung beträgt etwa 1 s. Der Drehspul-Linienschreiber ist hierfür neu entwickelt worden. Ferner dient der Kompensolux als Gleichstrom-Konstantspannungsquelle für geringe Leistungen. Hierbei wird ein Normalelement in den Eingang geschaltet. Die Spannungskonstanz ist besser als $\pm 0,5‰$. Besonders geeignet ist dieses Gerät zur Speisung von Kompensations-Reglern und als Speisespannung von Photozellen.

Der in Bild 8 dargestellte **Programm-Regler** dient zur Temperaturregelung nach einem festgelegten zeitlichen Verlauf und zeichnet sich durch eine besonders große und leicht auswechselbare Programmscheibe sowie eine im Verhältnis 1 : 9 veränderbare Durchlaufzeit des Programms aus. In Abhängigkeit von der Zeigerstellung des elektrischen Meßwerkes wird durch ein Druck- und Fallbügelwerk ein Quecksilberschaltrohr betätigt und hierdurch der gewünschte Sollwert der Temperatur aufrecht erhalten.

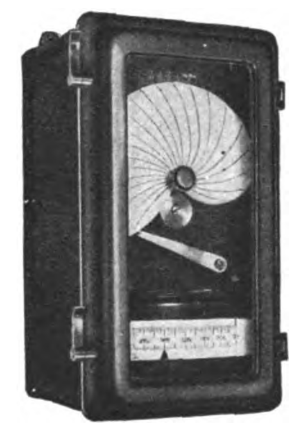


Bild 8. Programm-Regler.

Ferner wurde die Herstellung eines für Temperaturmessungen mittels Widerstandsthermometers in Brückenschaltung sowie für die elektrische Fernmessung und für den Kältemengenzähler verwendeten **magnetischen Spannungskonstanthalters** aufgenommen. Im Wechselspannungsbereich von 190 bis 240 V beträgt die größte Abweichung der abgegebenen Gleichspannung vom mittleren Wert $\pm 0,5\%$. Wegen seiner Frequenzabhängigkeit kann der magnetische Spannungskonstanthalter nur in frequenzgeregelten Netzen benutzt werden.

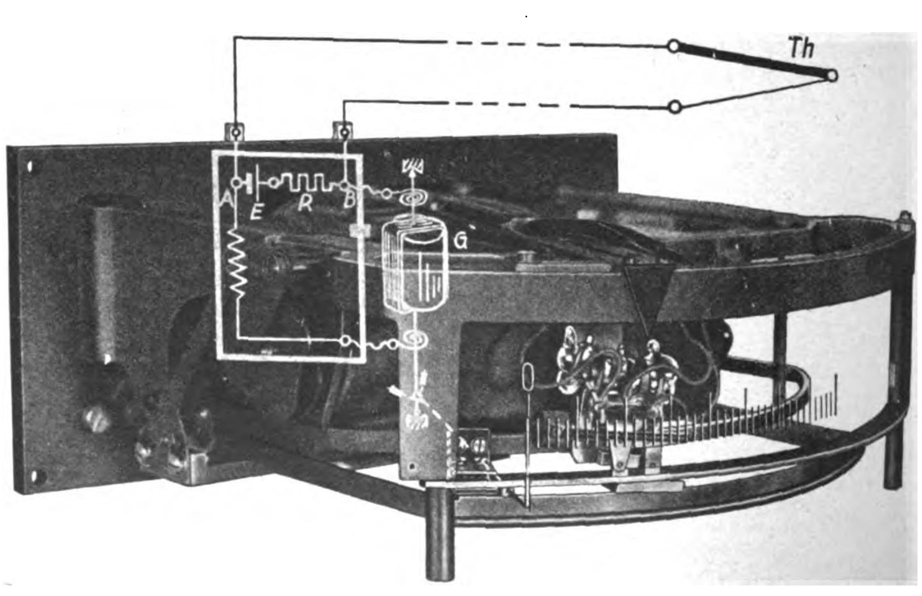
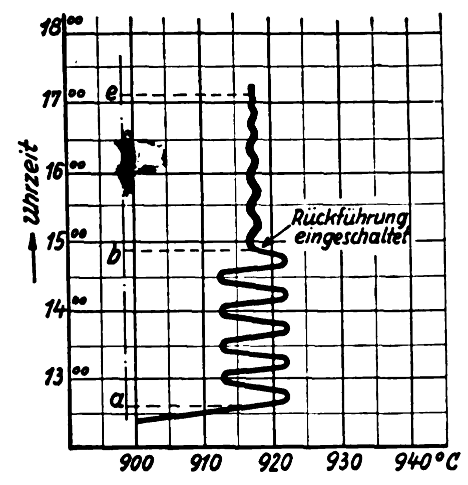


Bild 9. Schaltung der Thermoelementbruchsicherung.

[1]) A. Kuntze Selbsttätige Aufzeichnung der Wasserstoff-Ionen-Konzentration (p_H-Werte). Z. VDI 84 (1940) S. 755.

Für die fallbügelbetätigten Regler ist eine vollselbsttätige elektrische **Thermoelementbruchsicherung** entwickelt worden, deren Schaltung in Bild 9 dargestellt ist. Der von der Hilfsstromquelle E erzeugte, entsprechend dem hohen Widerstand R sehr geringe Strom verteilt sich an den Punkten A und B in der Art, daß etwa 99% über das Thermoelement Th und etwa 1% über die Drehspule G fließen. Bei Bruch des Thermoelementes erhöht sich der durch die Drehspule G fließende Strom auf den hundertfachen Betrag und bewirkt die Einstellung des Meßwerkzeigers links vom Skalen-Nullpunkt. Beim nächsten Fallbügelhub wird die Energiezufuhr zum Ofen abgeschaltet. Die Hilfsspannung E wird dem Netz entnommen. Die Einrichtung arbeitet wartungsfrei und benötigt keinen Anfahrschalter.

Um Pendelungen des einzuregelnden Istwertes um den Sollwert zu vermeiden, wurde eine mechanisch arbeitende **Rückführung für lange Verzögerungen** entwickelt, die in sehr einfacher Weise auf die jeweils vorliegenden Betriebsbedingungen



ab geregelt mit Kompensationsregler
bc geregelt mit Kompensationsregler und elastischer Rückführung

Bild 10. Mechanisch arbeitende Rückführung für lange Verzögerungen.

eingestellt werden kann und die Schwankungen der Ist-Temperatur um die Soll-Temperatur entsprechend dem Bild 10 verringert. Die Größe der Vortäuschung sowie die Geschwindigkeit der Rückführung können in weiten Grenzen eingestellt werden. Die richtige Einstellung ist an der Rückführung selbst zu erkennen.

Die Firmen Deutsche Glimmlampenges. mbH., Infram GmbH. und Otto Pressler, Leipzig C 1, zeigen anläßlich der Leipziger Frühjahrsmesse in ihren Geschäftsräumen Glockenstraße 11 eine umfassende und interessante Ausstellung ihrer Erzeugnisse. Bei den Fabrikaten der Deutschen Glimmlampenges. mbH. sei im besonderen auf die **Glättungsröhren** zur Konstanthaltung von Spannungen hingewiesen. Die Normaltype für 150 V konnte durch eine neuartige Elektroden-

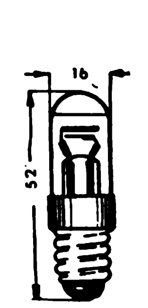


Bild 11. Frontmelderöhre.

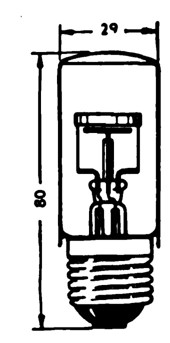


Bild 12. Großmelderöhre.

form verbessert werden. Durch Herabsetzung des inneren Widerstandes wurde eine gesteigerte Glättungswirkung erzielt. Daneben sei auf die Spezialtypen für 100 V sowie für Hochspannungen bis zu 860 V hingewiesen. Die **Signalglimmröhren** werden in verschiedenen Größen, verschiedenen Sockeln und Farben gezeigt. Bild 11 zeipt die meist verwendete Frontmelderöhre FRM 220. Bild 12 gibt die Großmelderöhre GRM 210 wieder. Außerdem sei noch das umfangreiche Programm der Deutschen Glimmlampengesellschaft, z. B. Resoröhren für Abstimmzwecke, Oszillographenröhren, Kippglimmröhren, Glimmgleichrichter, Stroboskopglimmlampen usw., erwähnt.

Die Infram GmbH. bietet einen Überblick über ihre gesamte Photozellenfabrikation, wobei besonders auf die Vielzahl der Typen für Lichttonzwecke hingewiesen wird. Für jedes Tonfilmgerät ist die passende Hochleistungszelle vorhanden.

Daneben sind weiter die **Photozellen** für Steuerungstechnik, Wissenschaft und Forschung zu sehen, die den jeweiligen Bedingungen bezüglich Konstanz, Farbempfindlichkeit und Form angepaßt sind.

Die Fa. Pressler zeigt eine Verbesserung des bekannten **Relaisprüfgerätes** nach Dr. Richter, das sich durch erhöhte Ablesegenauigkeit auszeichnet. Die Spannungsmeßgeräte und Spannungsprüfer sowie nicht zuletzt die **Geiger-Müller-Zählrohre** zum Nachweis von kosmischen und radioaktiven Strahlungen sowie zur Materialprüfung sind zu einer großen technischen Vollkommenheit entwickelt worden.

Installationstechnik

DK 621.315/.316

Im vergangenen Jahre brachte die Elektrische Industrie Fritz Wieland, Bamberg, eine **Klemmleiste** heraus, welche insbesondere für solche Installationen geeignet ist, die Erschütterungen ausgesetzt oder explosionsgefährdet sind. Die Klemmverbindung zwischen Kopfkontaktschraube und Kontaktschiene ist durch Gegenmutterwirkung gegen selbständiges Lockern gesichert. Wie aus Bild 1 ersichtlicht, wird die Siche-

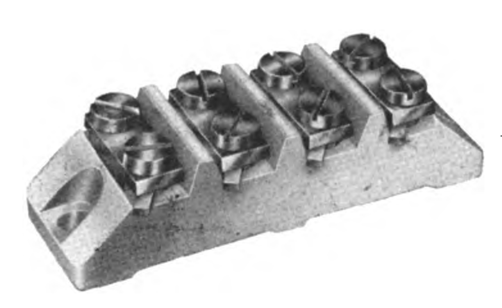
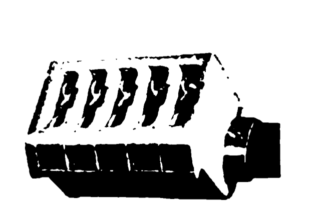


Bild 1. Klemmleiste mit gesicherter Klemmverbindung.

rung in einfacher Weise durch Umstellen eines an der Sicherungsscheibe angeordneten Nockens bewerkstelligt. Soll die Klemmverbindung wieder gelöst werden, so geschieht dies ebenso durch Zurückführen des Sicherungsnockens, wobei die Kopfkontaktschraube wieder vollkommen frei wird. Zur Herstellung der Sicherung bedarf es keiner Spezialwerkzeuge. Diese Sicherungswirkung hat sich bereits vielfach insbesondere dort ausgezeichnet, wo sich Federringe oder dergleichen als Sicherung gegen Erschütterungen aller Art als unzulänglich erwiesen haben.

Weiterhin wurde eine **Reihenklemme** entwickelt, welche insofern außerordentlich universell anwendbar ist, als die eingebaute kräftige Zwillingsklemme stark federnde Druckstücke enthält, einen Klemmbereich von 1,5 bis 35 mm² (Bild 2) umfaßt und beliebig viele Klemmen, von denen jeweils benachbarte überbrückbar sind, nebeneinander auf einer Trägerschiene angeordnet werden können. Die Klemmen selbst sind



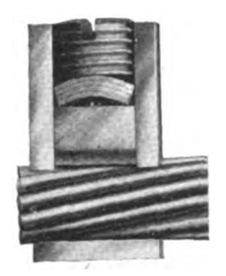


Bild 2. Reihenklemme mit federnden Druckstücken.



in einem hochwertigen Keramiksockel eingebettet, welcher ein Arretierungsschloß enthält, das ein Aufschieben des Klemmensockels auf die Trägerschiene oder Herausnehmen desselben aus der Klemmenreihe ermöglicht und die Klemme in ihrer Endstellung festhält. Gleichzeitig ist in den Klemmensockel ein mit Celloloid abgedecktes übersichtliches Bezeichnungsschild eingebaut. Die Reihenklemme zeichnet sich in Verbindung mit dem Klemmbereich von 35 mm² durch besonders geringe Abmessungen aus.

Für Kabel-Schnell-Verlegung haben sich Spezialschellen auf besonderen Eisenkonstruktionen (Leitungsregister) eingeführt, die meist aus Eisen angefertigt sind. Die Pflicht zur Einsparung von Eisen bzw. Stahl erfordert gegebenenfalls andere Mittel. Die Kabelverlegung der Firma Niedergesäß & Co., Berlin W 35, verwendet im wesentlichen keramischen Baustoff, der zugleich eine vorzügliche Isolierung der Kabel gegen Erde zum Zwecke der Vermeidung von Kriechströmen gewährleistet,

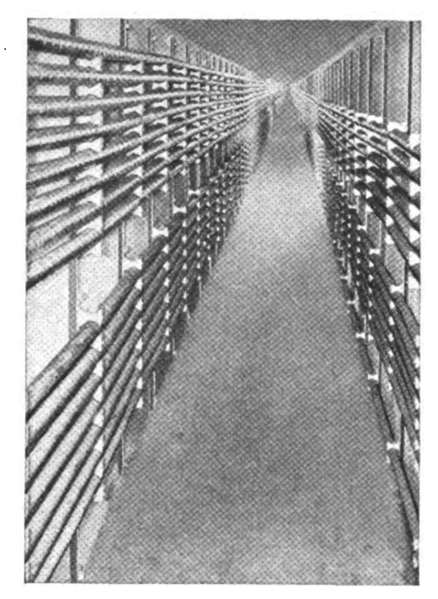


Bild 3. Keramische Schellenkörper für Kabelverlegung.

insbesondere bei Hochspannungsanlagen, entmantelten Kabeln usw. Die Kleinausführung solcher sogenannter **Niedax-Reihenschellen** ist für kabelähnliche Leitungen schon genügend bekannt und bewährt. Das nebenstehende Bild 3 einer Ausführung in einem modernen Werk zeigt die Anwendung des Riesenmodells für Kabel bis 75 mm Dmr., die einzige z. Zt. bekannte Isolierausführung dieser Größe. Die keramischen Schellenkörper — die (weiß auffallend) deutlich aus dem Bild erkenntlich sind — können mit Spezialgleitmutter an jeder Stelle einer Profilschiene eingesetzt bzw. befestigt werden.

Die Firma Erk GmbH., Ruhla in Thüringen, ist Herstellerin von **Klemmleisten**, die als vielpolige Reihenklemmen in der allgemeinen Elektrotechnik, Rundfunktechnik sowie auch in der Autotechnik ein wertvolles Hilfsmittel sind, wo viele Leitungen auf kleinstem Raum übersichtlich verlegt werden müssen. Die ERK-Klemmleisten bestehen aus einem 12 poligen Isolierkörper aus hochwertigem Bakelite, in welchem die Verbindungsbolzen mit Klemmschrauben eingesetzt sind. Zwischen den Einzelklemmen sind Einsparungen eingepreßt, so daß sich die Klemmen nach Bedarf auch einzeln oder beliebig in vieler Polzahl von der 12 poligen Leiste leicht abtrennen lassen. Zwischen sämtlichen Einzelklemmen befinden sich Befestigungslöcher, die einen bequemen Einbau der Klemmleiste in alle elektrischen Geräte ermöglichen. Die Klemmleisten werden hergestellt: für 4 mm² Leiterquerschnitt, 250 V, 25 A und für 16 mm² Leiterquerschnitt, 500 V, 75 A. Eine Klemmleiste für 10 mm² Leiterquerschnitt, 500 V, 43 A wird demnächst neu herausgebracht.

Die Belastungsfähigkeit der Normalausführung ist so groß, daß diese Klemmleiste für alle in der Rundfunktechnik vorkommenden Zwecke ausreicht. Für größere Aufbauten, z. B. für Sender, Stromversorgungsgeräte, Gleichrichter u. dergl., in denen größere Stromstärken als 25 A fließen bzw. größere Leiterquerschnitte als 4 mm² vorhanden sind, macht man von der dreimal so hoch belastbaren ERK-Riesen-Klemmleiste Gebrauch. Diese Ausführung eignet sich außerdem hervorragend für alle Starkstromanschlüsse, also für Motoren, Transformatoren, Schaltanlagen, für Prüffelder, aber auch für Schulversuche, wo ihr Vorteil vor allem in der ungemein großen Stabilität liegt. Ein Überdrehen der Madenschrauben ist hier naturgemäß ausgeschlossen.

Eine noch bis vor kurzem bestehende Lücke schließt das Modell einer **Mehrfachschelle** der elektrotechnischen Fabrik Paul Jordan, Berlin-Steglitz, die das Verlegen mehrerer Leitungen nebeneinander in Registern ermöglicht und bei der nicht nur wie bisher die Schellenkörper aus Kunstharz-Preßstoff, sondern auch die zur Aufnahme dieser Schellenkörper dienende Befestigungsschiene im Wege des Strangpreßverfahrens aus Kunstharz-Preßstoff hergestellt wird.

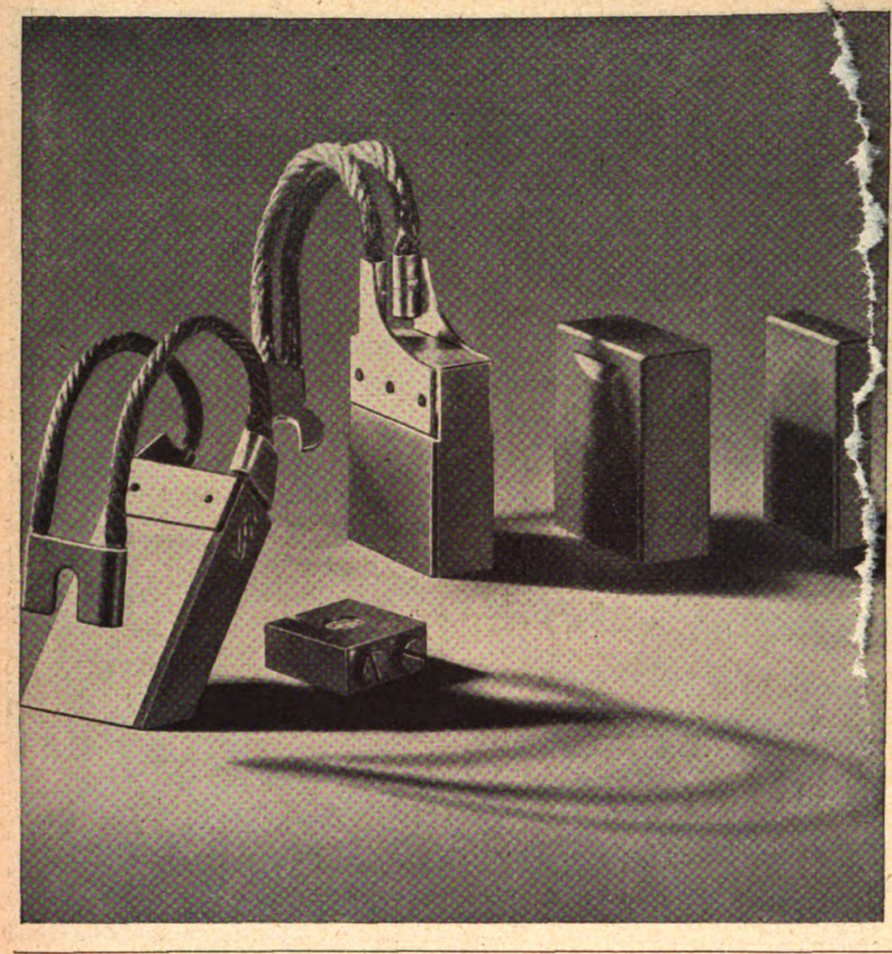
Das von der Firma J. Wilhelm Hofmann, Radebeul 2, hergestellte Klemmenmaterial für Aluminium-, Aldrey- und Stahlaluminiumleitungen wurde für besondere Anwendungszwecke noch weiter entwickelt und ergänzt. Zur Herstellung von Schlußbunden bei Stützenisolatoren-Leitungen haben sich **Endbundklemmen** in immer steigendem Maße eingeführt. Endbundklemmen werden in drei Formen hergestellt, und zwar: für reine Schlußbunde ohne Abzweigmöglichkeit (Finax-Endbundklemme), für Schlußbunde mit Kupferabzweig (Finalcu-Endbundklemme) und neuerdings auch für Schlußbunde mit Aluminiumabzweig (Final-Endbundklemme). Auf der Schlußbundseite sind alle drei Ausführungen gleichgestaltet. Durch eine entsprechende Formgebung der Seilrillen wird erreicht, daß die auf die Klemme einwirkenden Zugkräfte symmetrisch zur Mittellinie verlaufen. Hierdurch wird eine Schrägstellung der Klemme vermieden und eine schonende Behandlung des Seiles sowie eine gleichmäßige Zugverteilung auf alle Drähte erreicht. Die Leitungen können in einfacher Weise unter Wiederverwendung der Klemmen nachgespannt werden. Bei den Finalcu- und Final-Endbundklemmen ist noch eine besondere Anschlußeinrichtung für eine Kupfer- bzw. Aluminium-Abzweigleitung vorgesehen. Derartige Klemmen werden besonders bei Hausanschlüssen benötigt. Durch die Vereinigung einer Endbundklemme mit einer Abzweigklemme wird eine Verringerung der Kontaktstellen geschaffen. Die Abzweige sind in Form von Schlitzklemmen ausgebildet. Für die Aluminium-Abzweigleitung wurde eine besonders große Auflagefläche geschaffen und durch eine Stahlfederscheibe für einen dauernd guten Kontakt gesorgt (Bild 4).



Bild 4. Endbundklemme für Schlußbunde.

Die bekannten **Primodur-Abzweigklemmen** wurden in der Ausführung für Aluminiumleitungen durch Einfügung einer Stahlfederscheibe zwischen Druckmutter und Leitung verbessert. Die Federscheibe berücksichtigt das Nachsetzen der Leiter und gewährleistet einen ständig hohen Kontaktdruck: sie bildet mit Druckstock und -mutter ein Ganzes, so daß die Klemme nur aus zwei Teilen besteht.

Die Kabelschuhe für Aluminiumleitungen erfuhren eine beachtenswerte Bereicherung durch Einführung des **Nutax-Kabelschuhes**, der in zwei Ausführungsformen, und zwar zum Anschluß an Aluminiumschienen oder an Kupferschienen hergestellt wird. Der Nutax-Kabelschuh (Bild 5) erfüllt die Forderung nach einem einfach zu handhabenden, zuverlässigen und vor allem raumsparenden Kabelschuh. Seine besonderen Vorteile liegen in der geringen Breite, und er ist deshalb überall dort nützlich, wo platzbeengte Verhältnisse herrschen, wie bei Anschlüssen, in Schaltkästen, in Apparaten, Maschinen oder dergl. Der Nutax-Kabelschuh besteht aus einer rohrförmigen Hülse zur Aufnahme der anzuschließenden Aluminiumleitung. Die mechanische und elektrische Verbindung zwischen Leitung und Hülse wird durch Einpressen von Längsnuten in die Hülse mit Hilfe einer besonderen Zange und auswechselbarer Einsätze



hergestellt. Die verhältnismäßig teure und zeitraubende Lötung oder Schweißung wird hierbei vermieden. Das nachteilige Nachsetzen der Leiter wird durch den beim Einpressen der Nuten angewendeten hohen Verformungsdruck ausgeschaltet. Federnde Beilagen, wie Ringe, Scheiben oder dergl., sind deshalb nicht erforderlich. Nutax-Kabelschuhe lassen sich auch für sektorförmige Kabel verwenden, indem die Enden derselben vor dem Einsetzen in den Kabelschuh mittels geeigneter Backen rundgedrückt werden. Eine Erweiterung erfuhr der Nutax-Kabelschuh durch die Ausführung mit Anschlußstift (Bild 6), für die Verwendung in Zählern oder ähnlichen Apparaten, bei welchen Büchsenklemmen vorhanden sind. An Stelle der Leitung wird der Anschlußstift des Kabelschuhes in die Büchsenklemme eingeschoben. Der Stift ist an der Hülse schräg angebracht, er kann nach Belieben in die gewünschte Richtung gebogen werden.

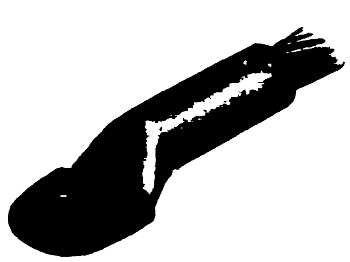


Bild 5. Kabelschuh.

Für Hochspannungs-Freileitungen wurden neue Typen von Hänge- und Abspannklemmen, insbesondere für Stahlaluminium- und Stahlaldrey-Leitungen großer Querschnitte geschaffen, die auf dem bewährten Prinzip der Konusklemmung aufbauen. Zur Behebung von Störungsfällen in Freileitungen, bei welchen nur einige Adern beschädigt werden — sei es durch Lichtbogeneinwirkung, sei es durch Schwingungen oder sonstige Ursachen —, wurden **Reparaturklemmen** entwickelt, welche eine Wiederherstellung der Leitung in einfacher Weise und ohne Auswechselung des Seiles ermöglichen. Eine Ausführung besteht aus zwei mittels Falz ineinander schiebbaren Profilhälften, welche durch Einpressen von Längsnuten mechanisch und elektrisch mit der Leitung verbunden werden. Der Einbau kann mit Hilfe der bekannten Kerbzangen und passender Einsätze vorgenommen werden. Bei einer anderen Ausführung werden Schienen aus dem gleichen Werkstoff wie die Leitung, d. h. Kupfer oder Aluminium, an der beschädigten Stelle aufgelegt und durch kräftige Bügelschrauben befestigt.

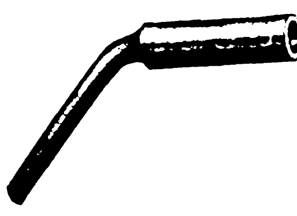


Bild 6. Stift-Kabelschuh.

Eine wesentliche Erweiterung haben die **Klemmen für Innenraum- und Freiluft-Schaltanlagen** erfahren. Das bekannte Deckelsystem für Innenraum-Anlagen wurde durch eine verstärkte Ausführung mit zwei Deckelanschlüssen (Bild 7) ergänzt, welches für höhere Beanspruchungen, insbesondere unter Berücksichtigung von öfter auftretenden Kurzschlüssen, gedacht ist. Die Klemmen bestehen aus vergüteter korrosionsbeständiger Aluminiumlegierung und sind mit spritzverzinkten und in Leinöl gekochten Stahlschrauben ausgerüstet. Die Klemmen werden mit Einheitsbohrung für alle üblichen vorkommenden Leiterdurchmesser von 6 bis 30 mm hergestellt. Durch Verwendung von Ausgleichshülsen lassen sich auch Übergänge auf Leiter unterschiedlicher Durchmesser bewerkstelligen. Durch Einbau von Elektro-Cupalhülsen können auch Verbindungen von Aluminium- mit Kupferleitern vorgenommen werden. Die Klemmen werden in verschiedenen Ausführungsformen geliefert, so daß alle in Schaltanlagen vorkommenden Verbindungen damit hergestellt werden können.

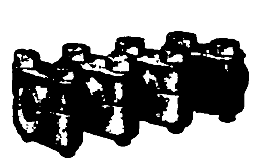


Bild 7. Klemme für Innenraum-Schaltanlage.

Die Klemmen für Freiluft-Schaltanlagen wurden durch verschiedene Typen für Sonderfälle erweitert. Ein besonderes Klemmensystem wurde für 220 kV-Anlagen unter Berücksichtigung der Verlegung von verseilten Leitern geschaffen. Die Klemmen sind ebenfalls nach dem Deckelprinzip gebaut und strahlungssicher ausgeführt. Die Klemmkörper und Deckel bestehen aus einer vergüteten korrosionsbeständigen Aluminiumlegierung, die Schrauben aus Stahl spritzverzinkt und in Leinöl gekocht. Durch kräftige Federplatten unter den Schraubenköpfen ist für gute Kontaktgebung gesorgt. Die vielseitigen Ausführungsformen ermöglichen die Herstellung jeder in Schaltanlagen vorkommenden Verbindung.

Der Einbau von Drosselspulen und Kondensatoren in Schaltanlagen kann nicht mittels der üblichen Klemmen vorgenommen werden. Für solche Zwecke wurden Sondertypen geschaffen, über welche eine besondere Liste Auskunft gibt. Die Klemmen bestehen aus einzelnen Teilen, welche miteinander kombiniert werden können, so daß jede vorkommende Verbindung vorgenommen werden kann.

Zur Verbindung und Abzweigung von Aluminiumkabeln wurden bisher die gleichen Löthülsen wie für Kupferkabel verwendet. Neuerdings werden die Lötmuffen und Abzweighülsen in einer besonderen Ausführung für Aluminiumkabel hergestellt. Die neue Form besteht ebenfalls aus Aluminium und ist mit großen Lötschlitzen versehen, welche das Löten wesentlich erleichtern.

Die diesjährigen Erzeugnisse der Elektrotechnischen Spezialfabrik C. Schniewindt KG., Neuenrade i. Westf., zeichnen sich durch eine vorbildliche und erfolgreiche Einsparung von Metallen aus. So ist es dieser Firma beispielsweise gelungen, den Anteil der Schwermetalle einschließlich Abfall für je 1000 **Antennensteckdosen** bei der Aufputzsteckdose von 29 kg auf 18,5 kg, bei der Unterputzsteckdose von 127 kg auf 20 kg und bei der Aufputz-Abzweigdose von 42 kg auf 20 kg zugunsten von Leichtmetall und Isolierstoff herabzusetzen.

Die als Spezialfabrik auf dem Gebiete des Feuchtraum-Installationsmaterials bekannte Firma Hoppmann & Mulsow, Hamburg 19, bringt seit einiger Zeit **wasserdichte Kabel-Abzweigdosen** „Serie R 70" auf den Markt. Der Forderung nach sparsamer Bewirtschaftung devisengebundener Rohstoffe kommt die Firma nach, indem sie ihre Dosen R 70 mit einem zentralen, stopfbuchsenartig wirkenden Verschluß durchbildete. Bei dieser gesetzlich geschützten Einrichtung wird eine zentral- und wasserdicht angebrachte Isolierstoff-Hohlschraube auf das Außengewinde der Nullklemme aufgeschraubt. Das Gewinde der Hohlschraube läuft in eine trichterförmige Versenkung aus, die eine Spreizwirkung der Nullklemme verhindert. Der konzentrisch wirkende Abdichtungsdruck verteilt sich gleichmäßig auf den Dichtring des Deckels. Die Montage der Dose wird so vereinfacht, daß man in der gleichen Zeit, in der man früher z. B. 100 Dosen mit 4 Deckelschrauben aufdeckelte, heute 400 Dosen R 70 druckfest verschließt! Außen ist die Dose vollkommen metallfrei, wodurch jede Korrosion ausgeschaltet ist. Bei den Dosen R 70 sind Nippeldeckel mit Stopfbuchsen für Pendel oder auch zum direkten Aufschrauben von Armaturen benutzbar. Das Aufschrauben des Nippeldeckels auf die Dose veranschaulicht Bild 8. Der Nippeldeckel ist hier teilweise geschnitten, um das Ansetzen des Schraubenziehers zu zeigen. In der linken Hand der Abbildung ist eine Armatur zu sehen, die auf den Nippeldeckel aufgeschraubt wird. Es sei noch hervorgehoben, daß die Kabeldosen der Serie R 70 mit Schnellmontage-Rillnippeln (6 kt.-Nippel mit Spezialrillung) ausgestattet sind, die mit dem „Hamburger"-Hakenschlüssel in jeder beliebigen Lage mühelos angezogen werden können.

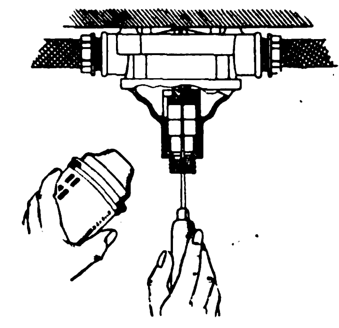


Bild 8. Wasserdichte Kabel-Abzweigdose mit zentralem Verschluß.

Bei einem erst kürzlich herausgebrachten neuen System zur **Kennzeichnung von Hilfsleitungen in Schaltanlagen** der Firma Bokelmann & Strassburg, Berlin-Hohenschönhausen, können an Stelle der Endhülsen, die vor dem Anklemmen der Leitung aufgeschoben werden müssen, auch Isolierstoffklammern benutzt werden, die man nachträglich, also auf die fest angeklemmten Leitungen, aufschieben kann. Diese Klammern nehmen jeweils drei schmale Schildchen oder aber ein breites und ein schmales Schildchen auf. Durch die besondere klammerartige und federnde Ausführung greifen die Klammern fest um die Leitung herum; um einen sicheren Halt zu gewährleisten und auch gegen Verdrehen gesichert zu sein, sind die Klammern außerdem mit Widerhaken versehen. Reicht die

Länge einer Klammer nicht aus, so können auf einer Leitung natürlich zwei oder mehrere Klammern unmittelbar übereinander angebracht werden. Diese neue Art von Klammern ermöglicht die Anbringung der Schilder sowohl unmittelbar an den Leitungsenden über oder unter den Klemmen, wie auch an beliebiger Stelle im Zuge der Leitung; sie stellen ein besonders wertvolles Mittel zur Kennzeichnung der Hilfsleitungen dar.

Werkstoffe

DK 620.2

Als Kontaktwerkstoff haben sich Edelmetalle besonders bewährt, da sie eine hohe elektrische Leitfähigkeit und eine vorzügliche Oxydationsbeständigkeit besitzen. In erster Linie wird Feinsilber verwendet; aber auch Legierungen aus Silber mit Palladium oder neuerdings mit Platin, seltener mit Cadmium oder Kupfer sowie Platin in reinem Zustand oder legiert mit Iridium, Nickel, Wolfram oder dgl. werden angewandt, wenn die Härte von Silber nicht ausreicht, bzw. wenn ein besonders hoher Schmelzpunkt erforderlich ist. Alle diese Edelmetalle gehören aber zu den Sparmetallen. Es wird nun Fälle geben, wo auf die hochwertigen Edelmetalle als Kontaktwerkstoff ganz verzichtet werden kann, ohne daß eine wesentliche Beeinträchtigung der Kontakte entsteht, aber in sehr vielen Fällen ist nur bei Verwendung von Edelmetallkontakten die erforderliche Schaltsicherheit, Schalthäufigkeit und dergl. zu erzielen. Um dennoch weitgehend sparen zu können, sind Kontakt-Bimetalle zu verwenden. Diese **Kontakt-Bimetalle** werden von der Fa. G. Rau, Pforzheim, in Streifen, Bändern, sowie in Profilen der verschiedensten Art geliefert. Sie besitzen eine Edelmetallauflage, die auf eine Unterlage aus Kupfer, Bronze, Messing oder auch Eisen aufgeschweißt und mit letzterer zusammen ausgewalzt wurde. Als Edelmetallauflage wird die Legierung gewählt, die auch beim massiven Edelmetallkontakt vorgesehen wäre. Je nach der Arbeitsweise der Kontakte sind die Kontakt-Bimetall-Bänder ganzseitig, oder gar auf beiden Seiten mit dem Edelmetall belegt, oder aber es sind nur dort Streifen aus Edelmetall eingelegt, wo an den aus den Bändern ausgestanzten Kontaktteilen die eigentliche Kontaktgabe stattfindet. Es lassen sich aus solchen Kontakt-Bimetall-Bändern und -Profilen Kontaktfinger, Kontaktbrücken, Kontaktsegmente und dgl., aber ferner auch Kontaktnieten der verschiedensten Art ausstanzen. Immer werden Kontakte erzielt, deren Edelmetallinhalt nur einen geringen Bruchteil desjenigen ausmacht, den nur aus Edelmetall hergestellte Kontakte besitzen würden. Dennoch sind diese Bimetallkontakte in technischer Hinsicht den massiven Kontakten in jeder Beziehung ebenbürtig, häufig sogar wesentlich überlegen. Insbesondere haben Bimetallkontakte gegenüber Kontakten mit nachträglich aufgelöteter Auflage den ganz bedeutenden Vorteil, daß die Verbindung zwischen Edelmetallauflage und Unterlage überall vollkommen sicher und gleichmäßig ist und damit unliebsame Übergangswiderstände oder aber Lockerungen des Kontaktes im Wegfall kommen und daß außerdem die Kontaktfläche durch die Walz- und nachfolgende Prägebearbeitung eine außergewöhnliche Verdichtung und Härte erfährt.

Von den Erzeugnissen der Fr. Kammerer AG., Pforzheim, seien zunächst die **Cupal-Rohre** erwähnt. Es sind dies Mehrschichten-Metallrohre, deren Hauptschicht aus Rein-Aluminium und deren Auflageschicht aus Kupfer besteht. Die verschiedenen Werkstoffschichten sind bei entsprechend hoher Temperatur durch Preßschweißung fest miteinander verbunden. Die Cupalrohre, die in einer großen Anzahl von Profilen hergestellt werden, sichern einen guten Strom- und Wärmedurchgang, sind zwischen den Kupfer- und Aluminiumschichten korrosionsfrei, lassen sich leicht und einwandfrei mit galvanischen Überzügen aus Nickel, Chrom, Silber usw. versehen und schließlich sei noch erwähnt, daß sie sich infolge der Kupferauflage leicht und einwandfrei weich löten lassen und auch im kalten Zustande eine weitgehende Biegung ermöglichen. Je nach den Erfordernissen werden sie mit innerer, äußerer oder beiderseitiger Kupferauflage hergestellt. In diesem Zusammenhang sind auch die **Cupaldrähte** zu erwähnen, bei denen ebenfalls die beiden Werkstoffe Kupfer und Aluminium bei entsprechend hoher Temperatur durch Preßschweißung fest miteinander verbunden werden.

Aus den weiteren Fertigungsprogrammen sind auch die **Kontaktbimetalle** zu erwähnen, die durch Edelmetalleinsparung eine beträchtliche Verbilligung gewährleisten. Neben den mannigfachsten Profilen aus Kontaktbimetall sind Kontaktfedern, Kontaktnieten, Plättchen, Aufpunkt-Bimetallknöpfe, Kontaktschrauben, Klötze, Finger und dergl. einige bemerkenswerte Erzeugnisse der gleichen Firma.

Das hochschmelzende **Wolfram** und **Molybdän** und deren Legierungen, vom Metallwerk Plansee GmbH., Reutte in Tirol, durch Sintern und nachträgliches Hämmern und Ziehen hergestellt, werden in der Hochvakuumtechnik für Anodenbleche, Gitter, Halterungen, Glühfäden, ferner als Kontaktbaustoffe in Zündapparaten, Wechselrichtern, Spannungsreglern, weiterhin in Zündkerzen, Schweißaggregaten, elektrischen Öfen usw. verwendet. **Elmet-Metalle** sind hochwertige Kontakt- und Schweißelektrodenbaustoffe. Zu ihnen gehören die **Verbundmetalle** Wolfram-Kupfer (Rotung), Wolfram-Silber (Silvung), Molybdän-Silber (Silmo), und die hochleitenden Cu-Legierungen Elmet-L, Elmet-U und Elmet-C. Die letzteren zeichnen sich durch hohe Härte und gute elektrische und thermische Eigenschaften aus. Bei den Verbundmetallen treten die kennzeichnenden Eigenschaften des Wolframs bzw. Molybdäns — geringer volumenmäßiger Abbrand, geringe Neigung zum Stoffübergang im Schaltfunken, geringe Schweißneigung und hohe Härte — und die kennzeichnenden Eigenschaften des Kupfers bzw. Silbers — hohe elektrische und thermische Leitfähigkeit, große Formbarkeit, geringere Oxydationsneigung als Molybdän und Wolfram — nebeneinander auf. Sie werden vorwiegend in Hoch- und Niederspannungsschaltgeräten und in der Schweißtechnik verwendet.

Das **Glanzzinkverfahren** der Langbein-Pfanhauser-Werke, Leipzig, findet immer weitere Anwendung. Es liefert hervorragende, schöne weißglänzende Niederschläge, die vorteilhaft abstechen gegen die bisher bekannten grauen Zinkniederschläge. Der Rostschutz der Glanzzinkniederschläge ist sehr gut und steht dem der Cadmium-Niederschläge gleicher Stärke nicht nach. Glanzzink ist also berufen, das teuere Devisenmetall „Cadmium" zu ersetzen. Auch die Streufähigkeit der Glanzzinkbäder ist sehr gut. Da man in den Glanzzinkbädern mit verhältnismäßig hohen Stromdichten und guter Stromausbeute arbeitet, ergeben sich verhältnismäßig kurze Niederschlagzeiten. Die Wirtschaftlichkeit des Glanzzinkverfahrens ist also gewährleistet. Infolge ihres guten Aussehens können Glanzzinkniederschläge auch als Ersatz für Vernickelung und Verchromung angewendet werden.

Die **Hartverchromung** zeichnet sich aus durch große Oberflächenhärte, Verschleißfestigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen mechanische Abnutzung, vor allen Dingen bei reibender und gleitender Beanspruchung durch große Oberflächenglätte, niedrige Reibungszahl und geringe Klebefähigkeit sowie Beständigkeit gegen Anlauf und höhere Temperaturen. Die Hauptanwendungsgebiete der Hartverchromung sind „Aufchromung" von Lehren und Meßwerkzeugen, die Verchromung von Maschinenteilen, wie Lagerwellen, Stoßdämpfer und ähnlichen Teilen, die vornehmlich einer reibenden und gleitenden Beanspruchung unterworfen sind. Abgenutzte oder versehentlich unter Maß geschliffene Werkstücke, wie Paßsitze, Bohrungen usw. werden durch „Aufchromen" in kurzer Zeit mit einem Bruchteil der Herstellungskosten für ein Ersatzstück wieder hergestellt. Hartchrom eignet sich für Ziehringe, Ziehdorne, Ziehstempel, Schnittstanzen, Preßformen, Schlaggesenke, die oft durch relativ dünne Chromauflagen in ihrer Leistung um das 5- bis 20fache gesteigert werden. Hartchrom eignet sich in der chemischen und Lebensmittelindustrie als Oberflächenschutz für Trockenwalzen, Auftrags- und Leitwalzen, für Ventile, Leitungen und Armaturen, da Chrom nicht nur den bekannten Metallgeschmack bei Lebensmitteln, sondern auch in der chemischen Industrie durch katalytische Wirkungen möglichen Materialangriffe verhindert.

NACHRICHTEN VON DER REICHSMESSE LEIPZIG 1941

Dauer der Messe

Die diesjährige Reichsmesse Leipzig beginnt am Sonntag, dem 2. März, und endet am Freitag, dem 7. März.

Auskunftsstellen

1. VDE

Der Verband Deutscher Elektrotechniker hat wie im Vorjahre auch zur diesjährigen Reichsmesse Leipzig eine Beratungsstelle eingerichtet. Sie befindet sich im Messeamt in Leipzig, Markt 4, 3. Stock.

Diese Auskunftsstelle ist während der ganzen Dauer der Messe geöffnet. Dort können Auskünfte über VDE-Bestimmungen und über ihre im Rahmen des Vierjahresplanes und des Krieges vorgenommenen neuesten Änderungen eingeholt werden, ferner über DIN VDE-Normen, die der Normung elektrotechnischer Erzeugnisse dienen und über andere mit dem VDE und dem Vorschriften- und Normenwerk zusammenhängende Fragen.

Die Prüfstelle des VDE wird vertreten sein, um über ihre Arbeiten Aufschluß zu geben. Das Schrifttum des VDE, das im ETZ-Verlag erscheint, wird in dieser Auskunftstelle ebenfalls vorhanden sein. Es wird vor allem auf Heft 9 und 10 der ETZ verwiesen, die zur Reichsmesse Leipzig als Sonderhefte herausgebracht werden und eine Übersicht über den Stand der deutschen elektrotechnischen Erzeugnisse geben.

Telephonisch ist die Auskunftsstelle unter der Nummer des Messeamtes (Leipzig 700 21) zu erreichen.

2. Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie

Während der diesjährigen Reichsmesse Leipzig hat die Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie ihre Auskunftsstelle über Erzeugnisse ihres Bereichs in die Räume des „Messe-Dienst" des Reichsmesseamtes, Katharinenstr. 10–12, 1. Stock, Zimmer 29, verlegt (Anruf Leipzig 726 01).

Die Auskunftserteilung erfolgt über alle im Zusammenhang mit der Messe interessierenden Fragen. Insbesondere werden auch alle Auskünfte erteilt werden, die mit dem Export mittelbar oder unmittelbar zusammenhängen.

3. Reichsmesseamt

Der „Messedienst", Leipzig C 1, Katharinenstraße 10-12, Fernsprecher 726 01, berät in allen Fragen des Messegeschäftes, insbesondere des Einkaufs sowie der Ein- und Ausfuhr, kostenlos. Er ist während der Messe von 8 bis 19 Uhr geöffnet und gibt auch fernmündlich Auskunft. Er steht auch außerhalb der Messe mit allen seinen Leitungen kostenlos zur Verfügung. Postanschrift: Reichsmesseamt in Leipzig, Reichsmessestadt, Leipzig C 1, Markt 4.

VDE-Messeausschuß

Die Erzeugnisse der deutschen elektrotechnischen Industrie, die anläßlich der Reichsmesse Leipzig ausgestellt werden, geben die Möglichkeit zu einer Übersicht, wieweit die Vorschriften des VDE in die Praxis der Hersteller Eingang gefunden haben. Bereits auf den Leipziger Messen der letzten Jahre hat der VDE-Messeausschuß die Ausstellungsstände elektrotechnischer Erzeugnisse auf dem Gelände der technischen Messe und in den einzelnen Messehäusern besichtigt.

Der Messeausschuß wird daher auch in diesem Jahre wieder tätig sein, um auf etwaige Verstöße gegen die VDE-Vorschriften aufmerksam zu machen und bei Beanstandung von Ausstellungsgegenständen beratend einzugreifen.

Die Hersteller werden eine derartige Beratung besonders deswegen begrüßen, weil in der zweiten Durchführungsverordnung des Energiewirtschaftsgesetzes die VDE-Bestimmungen als anerkannte Regeln der Technik festgelegt wurden, nach denen elektrische Energieanlagen und Energieverbrauchsgeräte eingerichtet und unterhalten werden müssen.

VERSCHIEDENES

BEKANNTMACHUNGEN

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker
(Eingetragener Verein)

Fernsprecher: 30 06 31 — Postscheckkonto: Berlin 213 12
Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00
Postscheckkonto der ETZ-Verlag G. m. b. H.: Berlin 223 84

Meldung für den Dienst als technischer Beamter des Nachrichtenverbindungswesens der Luftwaffe für die Dauer des Krieges

Mitglieder des VDE, die Interesse daran haben, für die Dauer des Krieges entsprechend ihrer Vorbildung oder Fachpraxis in den technischen Dienst der Luftwaffe als Wehrmachtbeamte im Offiziersrang eingestellt zu werden, bitten wir um Meldung bei der Geschäftsstelle des VDE, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, oder bei dem Leiter oder der Geschäftsstelle des zuständigen VDE-Bezirkes. Sonderkenntnisse auf dem Gebiet des Nachrichtenwesens und Wehrdienst sind nicht Voraussetzung. Der Meldung ist ein Lebenslauf beizufügen, Angabe von Referenzen ist erwünscht.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
Der Geschäftsführer
Viefhaus

Röntgenanlagen

Der Ausschuß für Röntgenanlagen hat dem auf Grund der Veröffentlichung des Entwurfes zu

VDE 0121 „Vorschriften für den Hochspannungsschutz in nichtmedizinischen Röntgenanlagen"

in ETZ 61 (1940) S. 652 eingegangenen Einspruch zugestimmt. § 6b) wird gegenüber dem Entwurf wie folgt geändert:

„b) Alle elektrisch leitenden Abschirmungen müssen so geschützt sein, daß im Störungsfalle an keiner Stelle eine höhere Berührungsspannung als 65 V bestehen bleibt."

Die Schlußfassung wurde im Dezember 1940 vom Vorsitzenden des VDE genehmigt und zum 1. April 1941 in Kraft gesetzt.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
Der Geschäftsführer
Viefhaus

Bezirk Berlin

Fachversammlung

des Fachgebietes „Leitungstelegraphie und -telephonie"
Leiter: Direktor Professor K. Küpfmüller VDE.

Vortrag

des Herrn Dr. phil. C. A. Hartmann VDE, Berlin, am Donnerstag, dem 6. März 1941, um 18³⁰, in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Hörsaal EB 301, über das Thema:



„Werkstofffragen der Nachrichtentechnik. II. Elektrisch und magnetisch wirksame Werkstoffe (ohne Drähte und Leitungen).

Inhaltsangabe:

Die hier behandelten Werkstofffragen und Richtlinien für ihre Lösung.
Elektrisch wirksame Stoffe bei Kondensatoren, Kontakten sowie Widerstands- und Spulenwicklungen.
Magnetisch wirksame Stoffe bei Spulen, Übertragern u. ä., Relais und elektroakustischen Geräten.

Eintritt und Kleiderablage frei.

Fachversammlung

des Fachgebietes „Röhrentechnik".
Leiter: Direktor Dr. phil. H. Kerschbaum VDE.

Vortrag

des Herrn Dr.-Ing. H. Schnitger, Berlin, am Dienstag, dem 11. März 1941, um 18^{30}, in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Hörsaal EB 301, über das Thema:

„Über die Verstärkung durch Sekundärelektronenemission in statischen Vervielfachern".

Eintritt und Kleiderablage frei.

Fachversammlung

des Fachgebietes „Elektrowärme".
Leiter: Dipl.-Ing. W. Zillmer VDE.

Vortrag

des Herrn Dipl.-Ing. R. Czepek VDE, Essen, am Donnerstag, dem 13. März 1941, um 18^{30}, in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Hörsaal HG 241, über das Thema:

„Untersuchung von Raumheizungsfragen durch elektrische Modellabbildung".

Eintritt und Kleiderablage frei.

Arbeitsgemeinschaften (Technischer Nachwuchs)

Die Teilnahme ist frei. VDE-Mitgliedschaft ist nicht Bedingung.

Elektrotechnisches Rechnen. Leiter: Dr.-Ing. L. Mirow VDE.
3. März 1941, 18^{00}, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer.
„Die Telegraphengleichung im Lichte der Laplacetransformation". Vortragender: E. Hameister VDE.

Installationstechnik. Leiter: Dipl.-Ing. R. Schamberger VDE.
4. März 1941, 18^{00}, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer.
„Elektrische Installationen an Werkzeugmaschinen". Vortragender: Dipl.-Ing. A. Schmidt VDE.

Elektrotechnisches Rechnen. Leiter: Dr.-Ing. L. Mirow VDE.
5. März 1941, 18^{00}, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer.
„Nomogramme krummliniger Leiter und ihre Anwendung in der Elektrotechnik". Vortragender: Dipl.-Ing. M. Zühlke.

Hochfrequenztechnik. Leiter: Dr.-Ing. F. W. Gundlach VDE.
6. März 1941, 18^{00}, im Hörsaal HG 141 der Technischen Hochschule zu Charlottenburg.
Vortragsreihe: Trägerfrequenztechnik. „Modulation und Demodulation". Vortragender: Dipl.-Ing. H. Oltze.

Hochspannungstechnik. Stellv. Leiter: Dipl.-Ing. Fr. Schultheiss VDE.
7. März 1941, 18^{00}, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer.
„Einflußgrößen des Netzes auf die Ausschaltleistung von Schaltern". Vortragender: Oberingenieur Dipl.-Ing. W. Kaufmann VDE.

VDE Bezirk Berlin
vormals Elektrotechnischer Verein
Der Geschäftsführer
Burghoff

Sitzungskalender

VDE Bezirk Mittelhessen, Frankfurt a. M. 5. 3. (Mi), 18^{30}, Kunstgewerbeschule: „Der Aufbau neuzeitlicher Niederspannungsschaltgeräte" (m. Lichtb.). Obering. O. Deissler VDE.

VDE Bezirk Niederschlesien, Breslau (gemeinsam mit dem Außeninstitut der T. H.). 4. 3. (Di), 20^{00}, T. H. El. Inst.: „Neue Bildtelegraphiegeräte". Dr.-Ing. K. Reche VDE.

VDE Bezirk Nordmark, Kiel. 28. 2. (Fr), 18^{30}, Phys. Inst.: „Neuere Entwicklung der Scheinwerfertechnik". Dr.-Ing. W. Rohloff VDE.

VDE Bezirk Ostpreußen, Königsberg. 3. 3. (Mo), 20^{00}, Inst. f. Experimentalphysik: „Forschung und Konstruktion". Dir. Dr.-Ing. F. Kesselring VDE.

VDE Stützpunkt Senftenberg. 3. 3. (Mo), 18^{30}, Bergbauhaus Senftenberg, Dubinaweg: „Netzverstärkung durch Starkstromkondensatoren" (m. Lichtb.). Dipl.-Ing. Stauch VDE. Anschließend Schmalfilm „Bau einer 60 kV-Leitung".

BUCHBESPRECHUNGEN

DK 538.566

Ausbreitung elektromagnetischer Wellen. Von Dr. A. Kofes. Herausg. als Druckschrift Nr. 745 von der Techn.-Literarischen Abteilung der C. Lorenz Aktiengesellschaft, Berlin-Tempelhof Mit 88 B. u. 144 S. im Format A 4.

Der internationale beratende Funknachrichtenausschuß (C.C.I.R.), der sich in seinen Sitzungen eingehend mit den Ausbreitungsproblemen beschäftigt, gab über den jeweiligen Stand der Forschung laufend Berichte heraus.

Der vorliegende Bericht gliedert sich in vier Teile, nämlich: A. Mittelwellen-Bodenwelle, B. Mittelwellen-Raumwelle, C. Kurzwellen, D. Ultrakurzwellen. Teil A enthält die theoretischen Tageskurven der Feldstärke über Land und Meerwasser. Teil B bringt die auf Grund von Beobachtungen ermittelten Quasimaximum-Kurven der Nachtfeldstärke. Teil C enthält zur Abschätzung der an verschiedenen Punkten der Erde zu erwartenden Raumstrahlung Merkatorkarten mit den Eckersleyschen Kurven konstanter Ladungsträgerdichte der Ionosphäre, die gleichzeitig auch Kurven konstanter Grenzfrequenzen darstellen. Ferner sind in einer Anzahl von Kurvenblättern Feldstärkelinien für verschiedene Tages- bzw. Jahreszeiten beigefügt. Es folgen weiter durch Ionosphärenmessungen für senkrechten Einfall ermittelte Kurven der Grenzfrequenzen (Messungen von Gilliland, Kirby, Smith und Reymer). Teil D gibt eine Anzahl Beugungskurven für Frequenzen zwischen 150 und 30 MHz wieder. Weitere Kurven nach van der Pol und Bremmer zeigen den Einfluß der erhöhten Aufstellung des Senders und die Größe der Abschattung am Horizont.

Im weiteren Teil der Druckschrift bringt der Verfasser einige selbst berechnete Feldstärkekurven im Rundfunkwellenbereich für verschiedene Leitfähigkeiten. Ferner ist ein Kapitel über atmosphärische Störungen angefügt und der tägliche bzw. jahreszeitliche Gang derselben in mehreren Bildern wiedergegeben.

Zum Schluß ist ein Auszug aus den Urkunden der Weltfunktagung zu Kairo (1938) beigegeben mit Bestimmungen, deren Kenntnis für die Planung von Funkverbindungen von Bedeutung ist. Bruno Beckmann

EINGÄNGE

[Ausführliche Besprechung vorbehalten]

Bücher.

Unfallverhütungs-Kalender 1941. Herausgeg. vom Amt Soziale Selbstverantwortung im Zentralbüro der DAF und vom Reichsverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften. 63 S. m. zahlr. B. im Format 105 × 148 mm. Verlag der Deutschen Arbeitsfront, Berlin 1940.

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Obering. H. Burmeister, Berlin-Spandau, Weinmeisterhöhe, Höhenweg 11
Dr.-Ing. K. Buss VDE, Köln-Mülheim, Adamsstr. 59
Dipl.-Ing. A. Großmayer VDE, Dortmund, Schurstr. 19
E. Handrick VDE, Berlin N 113, Dunkerstr. 48a
Dipl.-Ing. H. Happoldt VDE, Mannheim, Charlottenstr. 9
Dr. H. Heering VDE, Berlin-Charlottenburg, Kurländerallee 40
Direktor Dr.-Ing. W. Lühr, Berlin-Dahlem, Reichensteiner Weg 38
Obering. P. Paschen VDE, Nürnberg-S., Osterhausenstr. 12
Dr. W. Rihl VDE, Berlin-Grunewald, Im Hornisgrund 5
Dipl.-Ing. W. Ritter VDE, Berlin-Steglitz, Poschinger Str. 35
Ing. A. Schumann, Stuttgart-Bad Cannstatt, Ebitzweg 32
W. A. Seelig, Berlin-Charlottenburg 4, Goethepark 18
Obering. F. Simon, Berlin-Friedenau, Kauschstr. 10

Abschluß des Heftes: 21. Februar 1941

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE (z. Z. im Felde)
G. H. Winkler VDE (z. Z. im Felde)
H. Hasse VDE und R. Henrichs VDE

Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

62. Jahrgang | Berlin, 6. März 1941 | Heft 10

Ein neuer Lichtmarken-Leistungsmesser hoher Genauigkeit

Von K. W. Kögler, Berlin

DK 621.317.784

Die neuen Regeln des VDE für die Bewertung elektrischer Meßgeräte reihen sämtliche Präzisionsinstrumente ohne Rücksicht auf die Art des Meßwerks in die Klasse 0,2 ein. Das bedeutet für dynamometrische Instrumente eine Steigerung der Anforderungen gegenüber den alten Regeln. Damit ist aber dem Hersteller und dem Verbraucher gedient. Die meist unnötigen und nur mit erheblicher Verteuerung zu erfüllenden Forderungen aus dem Kundenkreis werden auf ein wirtschaftlich tragbares Maß gebracht, anderseits wird dem Wunsche der Verbraucher, öfter ohne Korrektionstafeln arbeiten zu können, Rechnung getragen. Eine Korrektionstafel bleibt nun genauesten Messungen vorbehalten. Die Skalenangaben sollen daher innerhalb der Ablesegenauigkeit richtig sein, wobei diese möglichst zu steigern ist.

Die Korrektionen eines Leistungsmessers sind, abgesehen von ihrer zeitlichen Konstanz, auch noch von dem Betriebszustand abhängig. Die hauptsächlich von den Feldspulen abgegebene Wärme und die mechanische Nachwirkung der Federn ergeben eine, wenn auch nur geringe Änderung des Ausschlages, den sogenannten Anwärmefehler. Dieser beträgt auch bei günstigster Form und Dimensionierung der Feldspule etwa 0,1 bis 0,2 % des Endwertes. Man kann ihn durch Verkleinerung des Drehmomentes, enge Kopplung zwischen Feld- und Drehspule oder durch Vergrößerung der AW-Zahl der Drehspule noch weiter verringern. Alle diese Maßnahmen sind aber mit Nachteilen verbunden. Geringeres Drehmoment hätte bei dem verhältnismäßig hohen Gewicht des beweglichen Meßwerks sicher schlechte Einstellung und Reibungserscheinungen zur Folge. Enge Kopplung bringt starke Abhängigkeit von der Lage des Rähmchens gegenüber der Feldspule. Selbst geringste Formänderungen der Feldspulen oder der Rähmchen unter Einfluß der Stromwärme und Verlagerung der Rähmchen innerhalb der Seitenluft des Lagers beeinflussen den Skalenverlauf, besonders am Ende der Skala. Somit ist nicht nur die zeitliche Konstanz gefährdet, sondern auch noch eine Lagenabhängigkeit vorhanden. Erhöhte Windungszahl des Rähmchens erschwert wegen Vergrößerung des Kupferwiderstandes die Kompensation des Temperatureinflusses, besonders bei noch ungleichmäßiger Durchwärmung und für mehrere Nennspannungen und vermehrt den Fremdfeldeinfluß.

Die Ablesegenauigkeit kann durch richtige Wahl von Strichstärke der Skala und Länge der Skalenteile und durch entsprechende Ausbildung des Zeigers gefördert werden. Die früher allgemein üblichen Messerzeiger sind bei modernen hochwertigen Instrumenten durch Fadenzeiger ersetzt. Der Faden wird dabei in das zweckmäßig geformte Ende des Zeigerrohres eingespannt oder als kurzes freitragendes Stück aus Werkstoff hoher Steifigkeit in das Rohrende eingesetzt. Man hat in letzterem Falle ohne Beschwerung des Zeigerendes die Vorteile einer Strichmarke und sieht, wenn die Zeigerspitze kürzer ist als der Skalenstrich, an der sich bildenden Stufe die geringste Abweichung.



Bild 1. Leistungsmesser mit Lichtmarke.

Zur parallaxefreien Ablesung wird allgemein die Spiegelablesung benutzt. Das Auge muß dabei senkrecht über dem Zeiger stehen, so daß der Zeiger und sein Spiegelbild zur Deckung gebracht werden. Man ist sehr von der Beleuchtung abhängig; sie muß schattenfrei, der Spiegel bei dunklem Zeiger aufgehellt sein. Man hat daher für genaue Messungen eigene Beleuchtungseinrichtungen geschaffen und den Zeiger zum Aufhellen des Spiegels mit einem weißen Papierfähnchen versehen.

Die Lichtmarkenablesung macht alle diese besonderen Maßnahmen unnötig. Sie gestattet parallaxefreie Ablesung bei beliebiger Stellung des Auges und ist hell und deutlich, unabhängig von der Beleuchtung. Bei auf eine mattweiße Skala auffallendem Licht ist sie auch von der Seite gut abzulesen. Man kann der Marke jede beliebige Form geben, z. B. die einer Lanzenzeigerspitze, eines einfachen Striches u. dgl., und sie so der Skala, der Art und Genauigkeit der Ablesung anpassen.

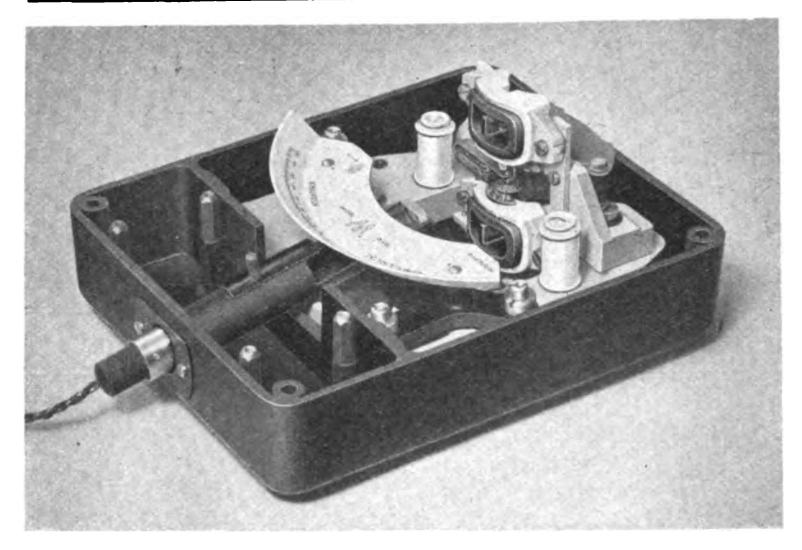


Bild 2. Innenansicht des Leistungsmessers ohne Widerstände.

Die Lichtmarkenablesung wurde bisher bei hochempfindlichen Galvanometern verwendet, weil der Ersatz des körperlichen Zeigers durch den schwerelosen Lichtstrahl eine erhebliche Verringerung des Meßwerkgewichts und Verkürzung der Einstellzeit bringt und die Verdopplung des Ausschlagwinkels durch die Reflektion die Empfindlichkeit bei sonst gleichen Eigenschaften im gleichen Verhältnis erhöht.

Sie ist aber wegen der ausgezeichneten Ablesemöglichkeit auch für Präzisionsinstrumente und da besonders für dynamometrische Instrumente hervorragend geeignet. Man strebt bei Leistungsmessern keine Steigerung der Empfindlichkeit an, sondern man benutzt die Verdopplung des Ausschlagwinkels zur Verminderung der Windungszahl. Die eingangs erwähnte Schwierigkeit, den Anwärmefehler vernachlässigbar klein zu machen, ist ohne jeden Nachteil mit einem Schlage behoben, und noch weitere Vorteile in elektrischer Beziehung sind gewonnen. Diese sollen nun an dem neuen Leistungsmesser mit Lichtmarke der Siemens & Halske AG. (Bild 1) erläutert werden. Dieses Instrument hat ein astatisches Meßwerk für einen Nennstrom von 5 A und eingebaute Vorwiderstände für die Nennspannung 90 V, außerdem eine Klemme zum Anschluß äußerer Vorwiderstände für weitere Nennspannungen. Es eignet sich mit diesen Meßbereichen und wegen der Unabhängigkeit von der Beleuchtung besonders für Zählerprüfeinrichtungen.

Einzelheiten des Aufbaus

Das Instrument, dessen inneren Aufbau Bild 2 veranschaulicht, ist unter sparsamster Verwendung von Metallteilen aufgebaut, sogar die Dämpferkammer ist aus einem Spezialpreßstoff. Wo sich Metall nicht vermeiden ließ, wurde in der Nähe des Meßwerks für nicht im Stromkreis liegende Teile Widerstandswerkstoff verwendet. Ein fester Rahmen aus einem keramischen Werkstoff bester Standfestigkeit trägt die Stützen für Meßwerk, Skala und Lichtbildrohr mit der abzubildenden Blende. Diese drei für die richtige Anzeige maßgebenden Hauptteile sind so in ihrer Lage zueinander genau und sicher festgelegt.

Die Wicklung der Feldspulen besteht aus Kupferdraht, der zur Sicherheit gegen Windungschlüsse außer mit einer Lackschicht noch mit einer Spinnstofflage überzogen ist. Die zur Erzielung einer über die ganze Skala gleichmäßigen Teilung gebogenen Spulen sind in keramische Träger unverrückbar eingekittet. Dies hat nicht nur den Vorteil einer absolut sicheren Lagerung, sondern die der Wicklung eng anliegenden Massen saugen die in den Feldspulen erzeugte Wärme rasch aus der Nähe der Drehspule und der Federn ab.

Die Rähmchen sind nach einem erprobten Verfahren gehärtet und bilden einen festen, klingendharten Körper, der sich auch bei wiederholten starken Temperaturschwankungen nicht verzieht. Sie sind an einer gemeinsamen Achse befestigt, die kippfehlerfrei in einem Saphirlager aufgehängt und am unteren Ende in einem zweiten Edelsteinlager sicher geführt ist. Außerdem wurde dafür gesorgt, daß auch große Temperaturänderungen gar keinen Einfluß auf Achsenluft und Lage der Rähmchen zu den Feldspulen zur Folge haben. Obwohl weder ein Verziehen der Rähmchen noch eine Verlagerung des ganzen Meßwerks zu befürchten ist, wurde eine verhältnismäßig lose Kupplung beibehalten und die zeitliche Konstanz des Skalenverlaufs noch mehr gesichert. Die Verhältnisse sind bei Lichtmarkenablesung noch insofern günstiger, als das Rähmchen wegen des kleinen Ausschlagwinkels weder am Anfang noch am Ende der Skala in die Nähe der Feldspule kommt. Auf enge Kopplung konnte ohne Bedenken verzichtet werden, da die Verdopplung des Ausschlagwinkels bei der Lichtmarkenablesung voll zur Verringerung der AW-Zahlen verwendet wurde. Die Federn sind nach durch lange Versuchsreihen gewonnenen Erfahrungen gefertigt, ihre Nachwirkung liegt höchstens in der Größe der Ablesegenauigkeit, ihr Drehmoment ist konstant.

Der Strahlengang (Bild 3) ist bei diesem Instrument ähnlich dem des Lichtmarken-Galvanometers der Siemens & Halske AG., weist aber einige optische Verbesserungen auf. Die Wendel einer 4 V-Lampe von etwa 2,4 W wird durch einen Kondensor auf dem Meßwerkspiegel abgebildet, um größtmögliche Helligkeit zu erzielen. Die vor dem Kondensor liegende Blende mit dem Bild der Lichtmarke wird durch einen Achromaten über den Meßwerkspiegel auf der Skala überall scharf abgebildet. Der Blende (Bild 4) ist eine solche Form gegeben, daß der Ausschlag bei grober Ablesung schon aus größerer Entfernung am stärkeren keilförmigen oberen Teil abgelesen werden kann, die untere feine Spitze von weniger als 0,1 mm Stärke taucht nur etwa ⅓ der Teilstrichlänge in die Skala ein, die früher erwähnte Stufen-

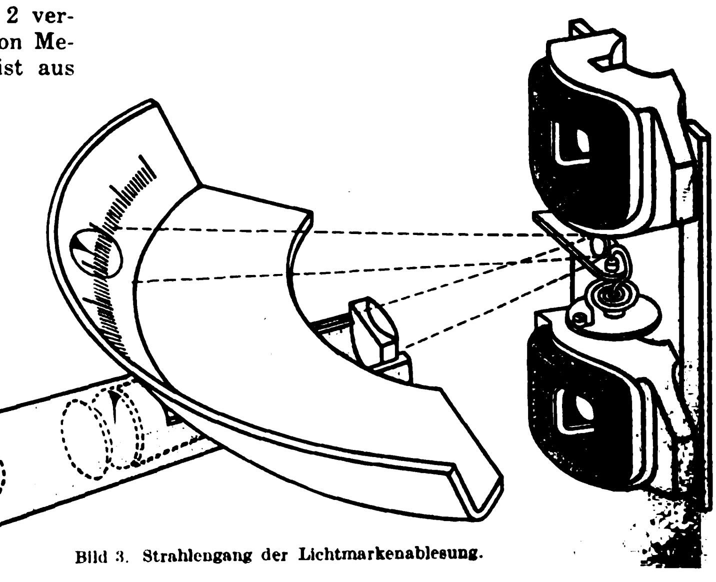


Bild 3. Strahlengang der Lichtmarkenablesung.

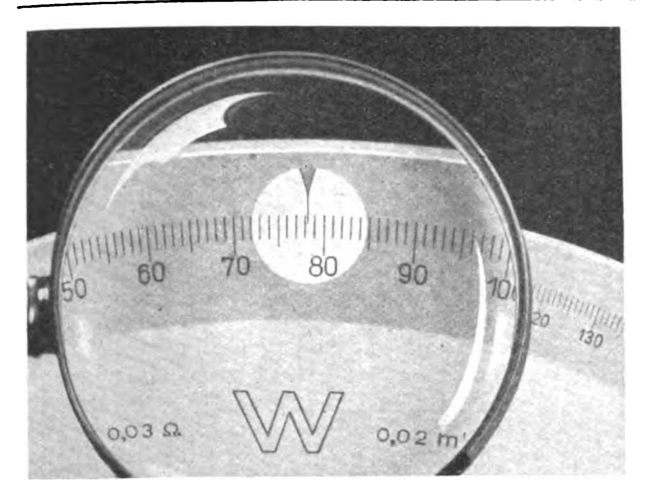


Bild 4. Lichtmarke.

bildung ist also auch hier vorhanden und gestattet feinste Ablesung. Auf guten, gleichen Kontrast von Lichtmarke und Skalenstrich gegen den Skalengrund wurde besonders geachtet. Die Lichtmarke wandert bei Drehung des Spiegels in gleicher Höhe über die Skala, die in bewährter Art auf einem unter 45° geneigten Kegelmantel gezeichnet ist. Man kann daher sowohl im Sitzen als auch stehend bequem ablesen.

Die Schaltung der beiden Meßwerke ist astatisch, so daß ein wenigstens annähernd homogenes Fremdfeld sich in seiner Wirkung aufhebt. Der Spannungskreis hat die bekannte Kunstschaltung (Bild 5) mit einem Vorwiderstand zur Drehspule und einem Parallelwiderstand

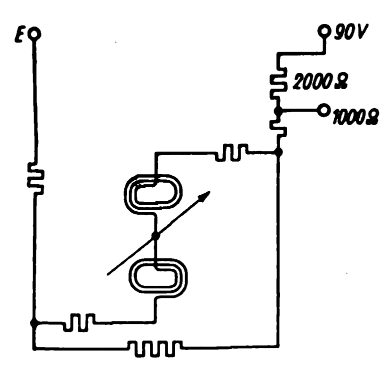


Bild 5. Schaltung des Spannungskreises zur Temperaturkompensation.

zu beiden, die so bemessen sind, daß der Kreis auf einen Stromverbrauch von 30 mA abgeglichen und der Temperatureinfluß für einen Gesamtwiderstand von 4000 Ω, Nennspannung 120 V, Null ist. Theoretisch gilt die Kompensation nur für diese Nennspannung, praktisch aber für den Spannungsbereich 90 bis 150 V, da die Abweichungen auch dann noch innerhalb der Ablesegenauigkeit liegen. Für höhere Nennspannungen ist eine zusätzliche Kompensation in den Vorwiderständen nötig.

Auch der Phasenfehler ist kompensiert. Er entsteht einmal durch die Phasenverschiebung zwischen Rähmchenstrom und Nennspannung infolge der Induktivität des Rähmchens und der Winkelfehler der Widerstände, dann durch die Phasenverschiebung zwischen Feld und Feldstrom infolge von Wirbelströmen in benachbarten Metallmassen. Die Induktivität des Rähmchens von etwa 3,7 mH ist in der Kunstschaltung für einen weiten Frequenzbereich kompensiert, und die erforderliche Zeitkonstante der eingebauten Widerstände wird durch genaue Wicklung eingehalten. Wirbelströme können sich bei dem früher geschilderten Aufbau nicht ausbilden. Der Phasenfehler ist daher nicht nur bei Teilstrich Null, sondern für die ganze Skala unmeßbar klein.

Prüfergebnisse

Der nach dem sorgfältigen Aufbau und durch die Vorteile der Lichtmarkenablesung zu erwartende Erfolg wurde durch eingehende Untersuchungen bestätigt. Diese erstreckten sich in erster Linie auf alle in den VDE-Regeln für Meßgeräte enthaltenen Prüfungen; die Prüfbedingungen wurden dabei teilweise erheblich verschärft. Darüber hinaus wurden auch Fall- und Schüttelproben vorgenommen und die Wechselwirkung zwischen Strom- und Spannungskreis in Abhängigkeit von der Frequenz untersucht. Die Untersuchungsergebnisse seien nachstehend zusammengestellt.

Der Anwärmefehler des Instruments ist durch das Zusammenwirken der drei günstigen Faktoren, 1. kleiner Eigenverbrauch in den Feldspulen von nur etwa 0,8 W und dementsprechend geringe Erwärmung in der Umgebung des Rähmchens und der Federn, 2. geringer Temperatureinfluß von nur 0,05 % je 10° und 3. kleinste Federnachwirkung etwa halb so groß wie beim Leistungsmesser mit körperlichem Zeiger. Der Anwärmefehler beträgt höchstens 0,05 % vom Vollausschlag.

Der Anzeigefehler der untersuchten Instrumente war für jeden Betriebszustand an keinem Punkt größer als 0,1 % vom Vollausschlag. Es ist also ohne Belang, ob das Instrument noch gar nicht vorgewärmt ist oder durch längeres Einschalten bei Nennstrom und Nennspannung die volle Betriebstemperatur erreicht hat. Der garantierte Wert für Klasse 0,2 wird weitgehend eingehalten. Auch bei Verwendung von äußeren Vorwiderständen mit Temperaturkompensation liegt die Abhängigkeit der Anzeigefehler vom Betriebszustand in den gleichen Grenzen. Ein Unterschied der Korrektionen bei Gleich- und Wechselstrom läßt sich auch bei ungünstigem Leistungsfaktor in dem von den VDE-Vorschriften vorgeschriebenen Frequenzbereich und noch darüber hinaus nicht feststellen, da der Phasenfehler, wie bereits erwähnt, für alle Ausschlagsgrößen und Leistungsfaktoren voll kompensiert ist. Außerdem ist die Gegeninduktion zwischen Rähmchen und Feldspulen durch den kleineren Drehwinkel des Rähmchens gegen die senkrechte Lage zu den Feldspulen und durch die kleineren Windungszahlen verringert, was ein weiterer Vorteil der Lichtmarkenablesung ist (Bild 6). Die Gegeninduktion bewirkt eine Ausschlagänderung, wenn Rähmchen bzw. Spannungskreis oder der Stromkreis über einen niedrigen Widerstand geschlossen werden. Ihre Wirkung begrenzt in erster Linie den Frequenzbereich. Bild 7 zeigt den Ausschlag eines Leistungsmessers mit körperlichem Zeiger und eines solchen mit

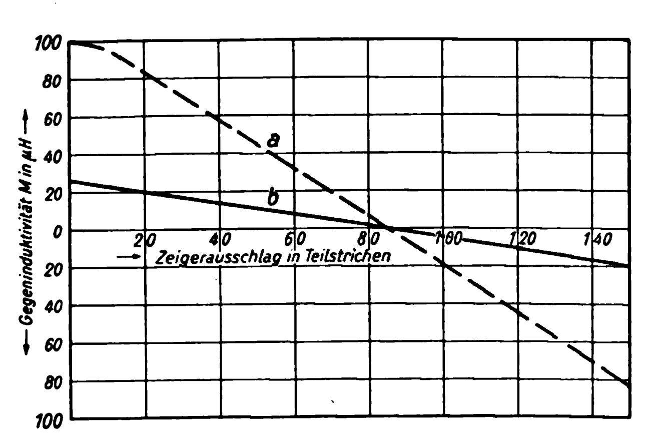


Bild 6. Gegeninduktivität zwischen festen und beweglichen Spulen in Abhängigkeit vom Ausschlag eines Leistungsmessers mit Zeiger (a) und Lichtmarke (b).

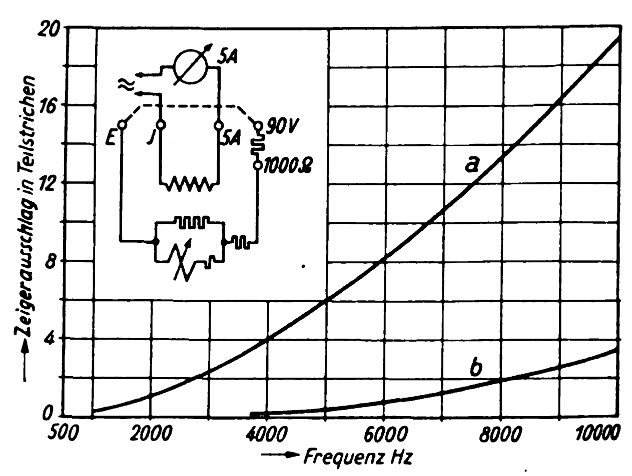


Bild 7. Frequenzeinfluß bei Zeigerstellung Null und kurzgeschlossenen 90 V-Klemmen eines Leistungsmessers mit Zeiger (a) und Lichtmarke (b).

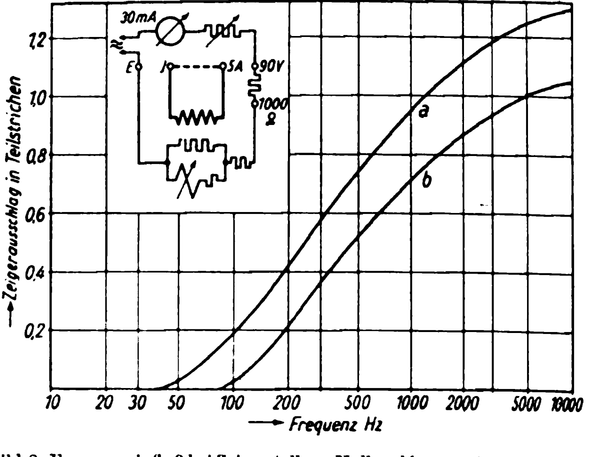


Bild 8. Frequenzeinfluß bei Zeigerstellung Null und kurzgeschlossenem Stromkreis eines Leistungsmessers mit Zeiger (a) und Lichtmarke (b).

Lichtmarke für Zeigerstellung Null in Abhängigkeit von der Frequenz, wenn der Nennstrom durch die Feldspulen fließt und die Klemmen für 90 V Nennspannung kurzgeschlossen sind. Ein Einfluß ist bei entsprechend höheren Frequenzen, aber auch schon bei hohem Außenwiderstand bemerkbar, da das Rähmchen mit den Widerständen der Kunstschaltung einen geschlossenen Kreis bildet. Die Tafel 1 gibt hierfür die Frequenzen an, bei denen eine Ausschlagänderung von 0,3 Teilstrichen, entsprechend der Klassengenauigkeit des Instrumentes, hervorgerufen wird, und stellt die entsprechenden Werte aus der Kurve (Bild 7) gegenüber.

Tafel 1. Werte der Grenzfrequenzen.

90 V-Klemmen	Grenzfrequenz für $\alpha = 0,3$ Tlstr. des Leistungsmessers mit	
	Zeiger	Lichtmarke
offen	1330 Hz	6200 Hz
kurzgeschlossen	1000 Hz	4650 Hz

Bild 8 stellt die Rückwirkung des Rähmchenfeldes auf den kurzgeschlossenen Stromkreis dar, wenn im Spannungskreis 30 mA fließen. Eine merkbare Beeinflussung setzt hier schon bei niedrigeren Frequenzen ein. Der Zeiger weicht beim Leistungsmesser mit körperlichem Zeiger bei 150 Hz, bei dem mit Lichtmarke bei 250 Hz um 0,3 Teilstrich von Null ab. Die Wirkung nimmt mit steigendem Außenwiderstand sehr rasch ab, die Grenzfrequenzen für 0,3 Teilstrich sind bei einem Widerstand von 1 Ω zwischen den Stromklemmen 1000 bzw. 6000 Hz.

Der Fremdfeldeinfluß ist bei 5 Gauß höchstens 0,03 % des Vollausschlages. Das Instrument stand bei der Messung im Mittelpunkt einer ebenen kreisförmigen Spule von 100 cm Durchmesser. Der Fremdfeldeinfluß wurde für die Ausschläge 0, 50, 100 und 150 untersucht, wobei die Richtung des Fremdfeldes einmal senkrecht zur Meßwerkachse und Feldspulenebene, dann senkrecht zur Achse, aber parallel zur Spulenebene und schließlich parallel zur Achse gebracht wurde.

Die Dauerüberlastbarkeit ist entsprechend der geringeren Wärmeentwicklung in den Meßwerkspulen viel höher als bei einem gleichartigen Zeigermeßwerk. Das Instrument verträgt dauernd den doppelten Nennstrom und hält dabei die Klassengenauigkeit. Der Spannungskreis kann wegen der Vorwiderstände nur um 20 % überlastet werden.

Das leichtere Meßwerk eines Lichtmarkeninstruments ist auch in mechanischer Beziehung günstiger und bietet größere Sicherheit gegen eine Beschädigung, wie rauhe, weit über die VDE-Vorschriften hinausgehende Prüfungen bestätigten.

Die Dämpfung wird durch die kleinere Masse der beweglichen Teile des Meßwerks günstig beeinflußt. Die erste Überschwingung bei einem Sollausschlag von 100 Skalenteilen beträgt 14 %, die Beruhigungszeit nach den VDE-Vorschriften 1,5 s.

Der Lagefehler setzt sich zusammen aus dem Kippfehler durch Verlagerung innerhalb des Steines und dem eigentlichen Lagefehler, wenn der Schwerpunkt außerhalb der Achse liegt. Der erstere ist durch die kippfehlerfreie Lagerung vermieden, der letztere läßt sich bei einem Meßwerk ohne weit ausladenden Zeiger leicht beseitigen und tritt auch bei Stoßüberlastung und sonstiger starker Beanspruchung des Meßwerks nicht wieder auf, wobei ein körperlicher Zeiger meist verbogen wird.

Die Stoßüberlastung nach den VDE-Vorschriften mit dem zweifachen Nennstrom bei Nennspannung hatte dementsprechend auch keinerlei Änderungen zur Folge, und darüber hinaus zeigte selbst eine fünfmalige Stoßprüfung mit dem zehnfachen Nennstrom nur eine Nullpunktsverstellung von 0,1 Skalenteil, die durch Verschiebung der Achsenspitze im Lager entstand und durch Klopfen wieder beseitigt werden konnte. Die Korrektionen blieben unverändert.

Auch die Schüttelprobe mit fünffacher Erdbeschleunigung durch 1 h und eine Fallprobe aus 10 cm Höhe auf eine Tischplatte auf alle 6 Seiten wurde ohne jede Beschädigung ausgehalten.

Die bei hochempfindlichen Galvanometern bewährte Lichtmarkenablesung bringt also auch bei Präzisionsinstrumenten, besonders bei Leistungsmessern, erhebliche Vorteile. Die parallaxefreie, von der Beleuchtung unabhängige Ablesung bei beliebiger Stellung des Auges erhöht die Ablesegenauigkeit und vermindert die Ermüdung bei längerem Arbeiten. Bei Leistungsmessern ermöglicht sie bedeutende Verminderung des Eigenverbrauchs und damit des Anwärmefehlers, der Wechselwirkung zwischen Dreh- und Feldspulen und der Beruhigungszeit und erhöht die Sicherheit gegen Beschädigung durch dauernde oder Stoß-Überlastung und durch Stoß oder Fall.

Meßwandler für Hochspannungs-Schaltanlagen

Von H. Gugel VDE, Berlin.

DK 621.314.222.3+.224.3

Bei der Errichtung von Schaltanlagen für Hochspannungen werden zwei grundsätzliche Bauweisen unterschieden: die Freiluft- und die Innenraum-Schaltanlage. In beiden muß der Meßwandler, den jeweiligen charakteristischen Bauformen angeglichen, wichtigste Aufgaben übernehmen. Er ist als Übertragungsglied für Sicherheit und Schutz der Anlage einschließlich der angeschlossenen Leitungen und für genaue Zählung und Verrechnung der durchfließenden Energie verantwortlich. Die Fortschritte, die die technische Entwicklung der letzten Jahre kennzeichnen, haben auch diesen Meßwandler nicht unberührt gelassen. Im folgenden soll die Aufgabe sein, einen Überblick über die Meßwandler für höchste Betriebsspannungen zu geben und an einigen Beispielen die im Bau dieser Apparate durch angestrengte Forschung und Entwicklung erzielten Erfolge zu zeigen.

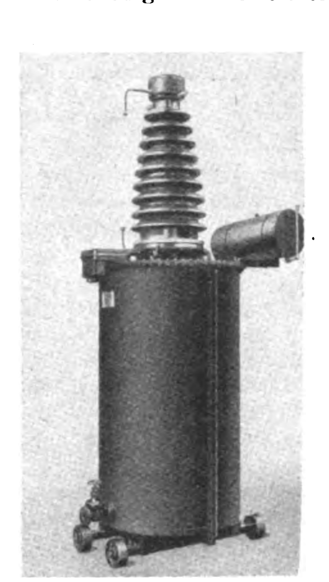
Ganz allgemein lassen die an die Wandler gestellten Forderungen sich in folgende Begriffe zusammenfassen: größte elektrische Sicherheit, hohe Leistung bei geringen Fehlern, Unempfindlichkeit gegen Überströme und Überspannungen (Schwingungsfreiheit), geringe Abmessungen, kein oder nur wenig Öl und günstige Einbaumöglichkeit.

Wandler für Freiluft-Schaltanlagen

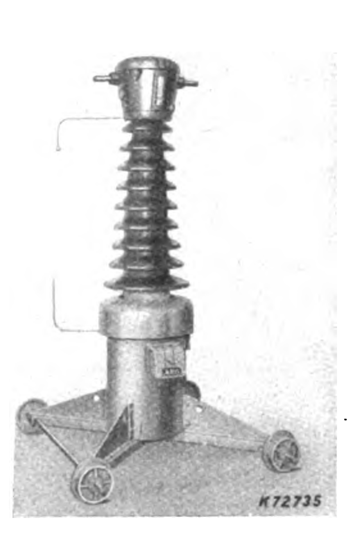
Wandler, die für den Einbau in eine Freiluft-Schaltanlage bestimmt sind, werden von der AEG, begünstigt durch die Erfahrungen vieler Jahre, in der sogenannten Topfbauweise ausgeführt. In Bild 1 wird der große Einfluß der systematischen Forschung der letzten Jahre augenfällig festgehalten. Die Tafeln 1 und 2 zeigen die im Laufe von etwa 10 Jahren erzielten Fortschritte. Es stehen heute „ölarme" Bauformen zur Verfügung, deren Ölinhalt so gering ist, daß er in der Freiluftstation keine Rolle spielt. Außerdem ist zu bedenken, daß im Gegensatz zum Leistungsschalter betriebsmäßig beim Wandler keine Lichtbögen auftreten. Keinesfalls zu empfehlen wäre der Einbau von trocken isolierten Wandlern. Sie sind zwar frei von flüssigem Öl, ihre Sicherheit im Freien muß aber zwangläufig hinter der von Ölwandlern zurückbleiben. Hier sei nur auf die Gefährdung der Inneninsolation solcher Trockenwandler durch eindringende Feuchtigkeit oder durch bei krassen Temperaturumschlägen erfolgte Kondenswasserbildung hingewiesen. Öl in Verbindung mit Papier bietet für Freiluftaufstellung die beste und unempfindlichste Isolationsanordnung. Diese Erkenntnis ist bei allen AEG-Ölwandlern in die Tat umgesetzt. Die Hauptisolation besteht dort stets aus Kabelpapier in Form von Bandagen, Winkelringen usw., die durch freie Ölstrecken in günstigster Anordnung ergänzt werden. Den Tafeln 1 und 2 kann auch die überraschende Verkleinerung der äußeren Abmessungen entnommen werden, die zuließ, daß in der Schaltanlage die Hauptelemente Druckgasschalter, Trennschalter und Meßwandler eine gemeinsame Höhe der Isolatoren erhalten konnten (Bild 2). Das Bild einer solchen Schaltanlage gewinnt durch diese Maßnahme, die nur durch eine wesentliche Verkleinerung der Meßwandler zu erzielen war, bedeutend an Übersichtlichkeit und technischer Schönheit. Auch auf die äußere Anpassung der Strom- und Spannungswandler untereinander wird der größte Wert gelegt. Alle Bauelemente werden soweit als möglich gleichgestaltet, so daß letzten Endes bei vereinfachter Fabrikation der Strom- vom Spannungswandler sich nur im Durchmesser der Ölkessel und in der Zahl, vielleicht auch in der Anordnung der Anschlüsse unterscheidet (Bild 3).

Beim Stromwandler lautet die Mindestforderung auf zwei Meßkerne im gleichen Kasten. Durch geschickte Ausnutzung ist es möglich, bis zu vier Kernen in einem System unterzubringen. Die erzielbare Leistung dieser Kerne ist in jedem Falle so reichlich, daß sowohl Kerne für Verrechnungsaufgaben in der VDE-Klasse 0,2 als auch Relaiskerne für Schutzzwecke mit größeren Bürden in Klasse 1 in einem Wandler zur Verfügung stehen. Dabei wird von einer Kunstschaltung, der sogenannten Gegenmagnetisierung, Gebrauch gemacht, die einerseits ein Mehrfaches an Leistung erzielen läßt und anderseits hilft, nickelhaltige Kernlegierungen zu sparen. Die Gegenmagnetisierung, unterstützt durch eine besondere Anordnung und Form der Sekundärspule, gestattet, in jedem Belastungszustand und innerhalb der verbandsmäßigen Stromgrenzen immer im Gebiet der günstigsten Permeabilität des Kernbaustoffes zu arbeiten. Damit wird der Fehler des Stromwandlers bedeutend gesenkt bzw. die Leistung erhöht.

Die Kernleistung eines Teilkernes erfüllt mit 15 VA in Klasse 0,2 oder 45 A in Klasse 0,5 oder 90 VA in Klasse 1 bei 60 bis 220 kV alle Erfordernisse des Schaltanlagenbaues. Durch Verwendung eines Sekundärstromes von 1 A kann in vielen Fällen, besonders bei den oft über größere Flächen ausgedehnten Freiluftanlagen, der Leistungsanteil der Meßleitung gesenkt werden, was wiederum der Meßleistung zugute kommt. Zur Frage der



a
Bauart 1927



b
Bauart 1940

Bild 1a und 1b. Topfstromwandler Reihe 100.

Abmessungen und Gewichte	1927	1940
Gesamthöhe	3200 mm	1900 mm
Topfdurchmesser	920 mm	360 mm
Gesamtgewicht mit Öl	1205 kg	340 kg
Ölgewicht	630 kg	42 kg

Tafel 1. Topfstromwandler AOF Reihe 100 bis 200, Freiluftausführung. Verringerung der Abmessungen und Gewichte.

Reihe		100		120		150		200	
im Jahre		1931	1940	1931	1940	1931	1940	1931	1940
Kastenmaße mm	Grundfläche	650 × 420	360 Dmr.	770 × 490	400 Dmr.	840 × 530	480 Dmr.	1050 × 700	600 Dmr.
	Höhe	840	436	1020	456	1190	520	1370	600
Gesamthöhe	mm	2970	1900	3390	2230	3880	2540	4670	3160
Gewicht ohne Öl	kg	755	300	925	450	1485	700	2060	770
Ölgewicht	kg	195	40	310	65	475	105	820	190
Gesamtgewicht	kg	950	340	1235	515	1960	805	2885	960

Tafel 2. Spannungswandler EVWOF Reihe 100 bis 200, Freiluftausführung. Verringerung der Abmessungen und Gewichte.

Reihe		100		120		150		200	
im Jahre		1931	1940	1931	1940	1931	1940	1931	1940
Kastenmaße mm	Grundfläche	660 × 510	560 Dmr.	725 × 600	610 Dmr.	850 × 670	760 Dmr.	970 × 800	860 Dmr.
	Höhe	860	690	1010	750	1160	920	1290	1050
Gesamthöhe	mm	2775	2250	3155	2600	3620	3050	4355	3690
Gewicht ohne Öl	kg	780	430	1015	670	1600	850	2165	1150
Ölgewicht	kg	220	115	340	148	530	280	820	410
Gesamtgewicht	kg	1000	545	1355	818	2130	1130	2985	1560

erzielbaren Überstromziffer[1]), deren Kenntnis mit Recht immer häufiger bereits bei der Projektierung verlangt wird, sei kurz Stellung genommen: Die Größe der Überstromziffer folgt in großer Annäherung der Gleichung

$$n = \frac{AW \cdot Q}{N \cdot C}.$$

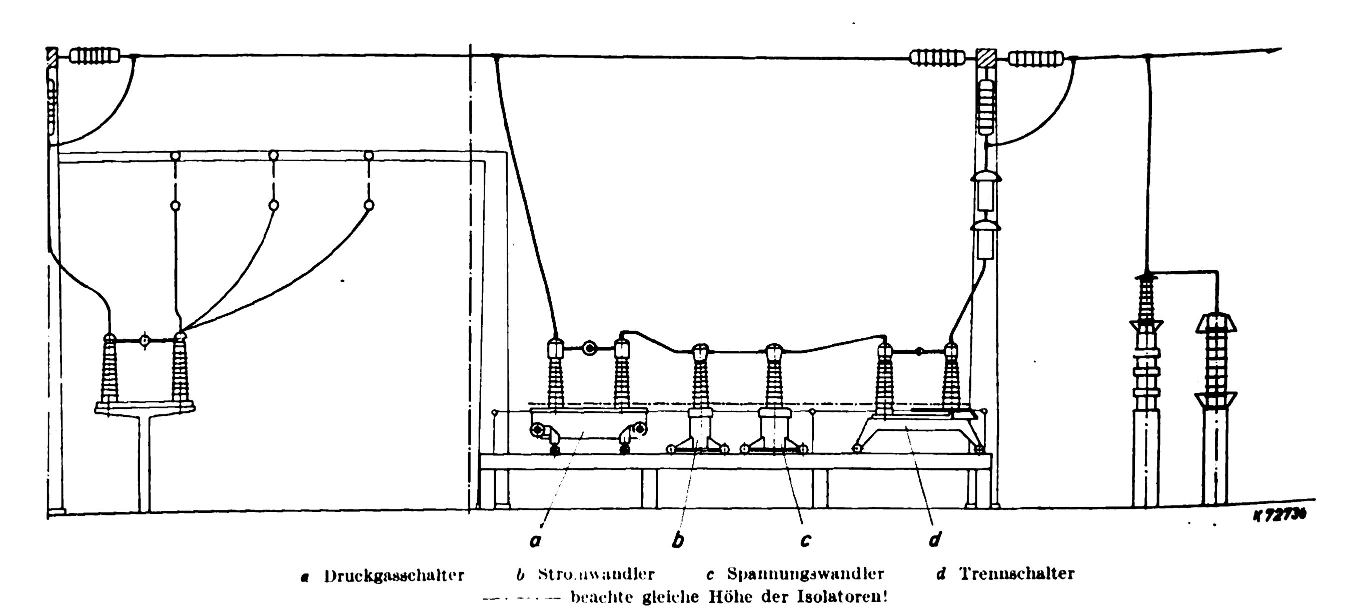
Dabei bedeutet AW Amperewindungszahl
Q effektiver Kernquerschnitt des betrachteten Teilkernes
N Nennleistung einschließlich der inneren Bürde in VA
C Faktor, abhängig vom Aufbau und vom Kernmaterial (z. B. bei hoch legiertem Stromwandlerblech: $C \approx$ 22 bis 30).

Die Relaiskerne haben bei den üblichen Leistungen in jedem Falle eine ausreichend hohe Überstromziffer, die über dem Wert 10 liegt und somit für die meisten Schutzschaltungen ausreichend ist. In besonderen Fällen, wenn es auf eine sehr hohe Überstromziffer ankommt, kann aber durch Zusammenfassen mehrerer Kerne zu einem einzigen eine entsprechende Steigerung erzielt werden. Die Meßkerne dagegen haben bei großer Genauigkeit und damit niedriger Bürde nach vorstehendem Gesetz eine noch höhere Überstromziffer als die Relaiskerne, was meist unerwünscht ist. Eine Gefährdung der angeschlossenen empfindlichen Instrumente und Zähler ist im Kurzschlußfalle möglich. Zur Verringerung der Überstromziffer ist dann stets ein zusätzlicher Aufwand erforderlich. Das einfachste Mittel zur Senkung der Überstromziffer ist die Verwendung von Kernmaterial mit niedriger Sättigungsgrenze. Da diese Eigenschaft aber allein den hochprozentig nickelhaltigen Eisenlegierungen, z. B. Mu-Metall, eigen ist, muß im Interesse der derzeitigen Rohstofflage hierauf verzichtet werden. Hier setzte die Entwicklung im Laboratorium ein, und es gelingt jetzt durch verschiedene Maßnahmen, den Faktor C (siehe oben) so zu beeinflussen, daß die Überstromziffer auf $n \approx 5$ bis 8, was für alle Fälle genügend ist, begrenzt werden kann.

Auch der Windungsschutz der Primärwicklung gegen Überspannungen und Überströme ist wesentlich verbessert worden. Die Primärwicklung, deren Schutz, wie allgemein üblich, durch spannungsabhängige Silitwiderstände übernommen wurde, hat einen Überspannungsschutz aus dem Werkstoff erhalten, das auch für die SAW-Überspannungs-Ableiter genommen wird.

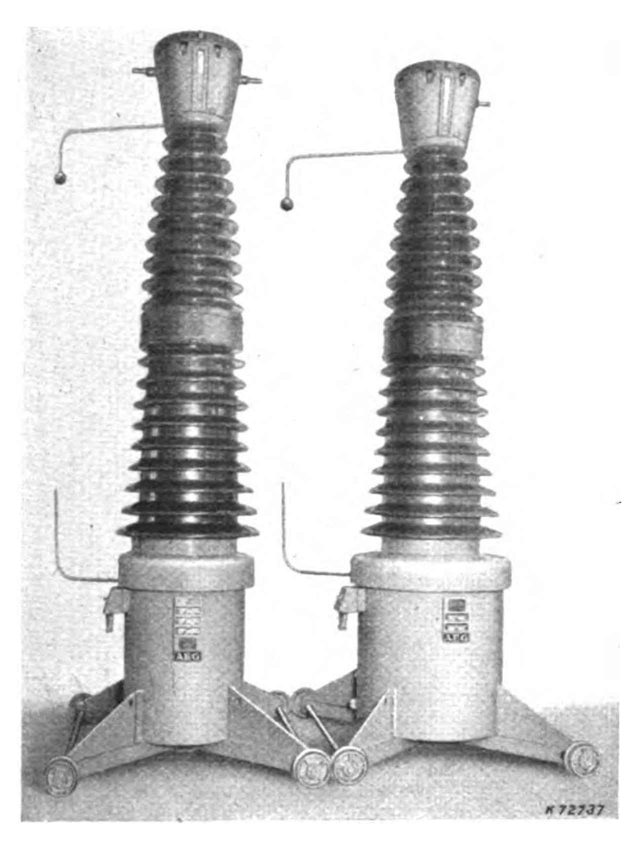
Das besondere Merkmal der Spannungswandler ist ihre absolute Schwingungsfreiheit. Sie wird erreicht

[1]) Definition siehe Regeln für Wandler VDE 0414/X. 40 § 3.



a Druckgasschalter b Stromwandler c Spannungswandler d Trennschalter
— · — · — beachte gleiche Höhe der Isolatoren!

Bild 2. Meßwandler in einer Freiluftschaltanlage — Reihe 100.



Stromwandler Spannungswandler

Bild 3. Ölarme Meßwandler — Reihe 220.

durch Lagenwicklung der Primärspule mit günstiger induktiver Potentialsteuerung und die genaue Abstimmung der inneren Kapazitäten. Bei Stoßbeanspruchung wird auf diese Weise eine außerordentliche Sicherheit erreicht (hohe Gewitterfestigkeit).

Der Bau von Fünfschenkel-Wandlern für höhere Reihenspannungen ist durch die Ausbildung der gezeigten ölarmen Einphasen-Erdungs-Spannungswandler hinfällig geworden. Irgendeine Ersparnis oder ein Vorteil dieser Dreiphasen-Wandler gegenüber den beschriebenen Einphasen-Bauformen ist nicht mehr erkennbar. Dagegen liegen andere Vorteile, nämlich die Freizügigkeit in der Bemessung der Phasenabstände und die Möglichkeit der Auswechselung jeder Phase (Reservehaltung) auf seiten des Einphasen-Wandlers.

Eine weitere Bauform, die neuerdings in deutschen Schaltanlagen immer mehr Eingang findet, ist der kombinierte Strom-Spannungswandler. Bisher ist wohl die Konstruktion solcher Wandlersätze immer als schwierig und besonders empfindlich angesehen worden. Durch eine zweckmäßige Anordnung der normalen Strom- und Spannungswandler nebeneinander in **einem** Gehäuse ist aber auch hierfür eine Bauform geschaffen, die restlos alle Forderungen erfüllt, die an getrennte Wandler gestellt werden können. Der Vorteil dieser Bauform, von der Bild 4 ein Beispiel zeigt, liegt in der Ersparnis an Werkstoff, insbesondere einer ganzen Hochspannungsdurchführung, deren Kostenanteil gerade bei Hochspannung wesentlich ist, und am Platzgewinn in der Schaltanlage. Ein gemeinsames Ölgefäß hilft Leitungen einsparen und ist auch gut zu transportieren, außerdem gewinnt die Schaltanlage an Übersichtlichkeit.

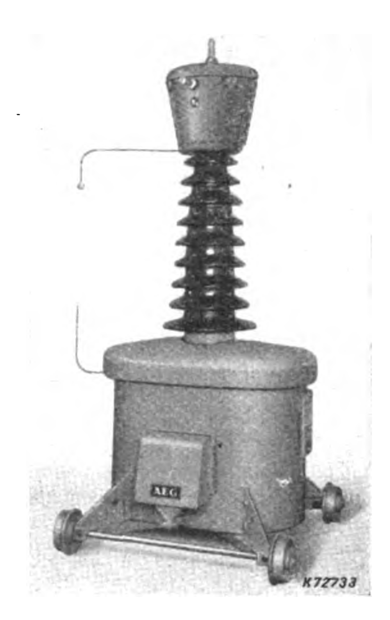
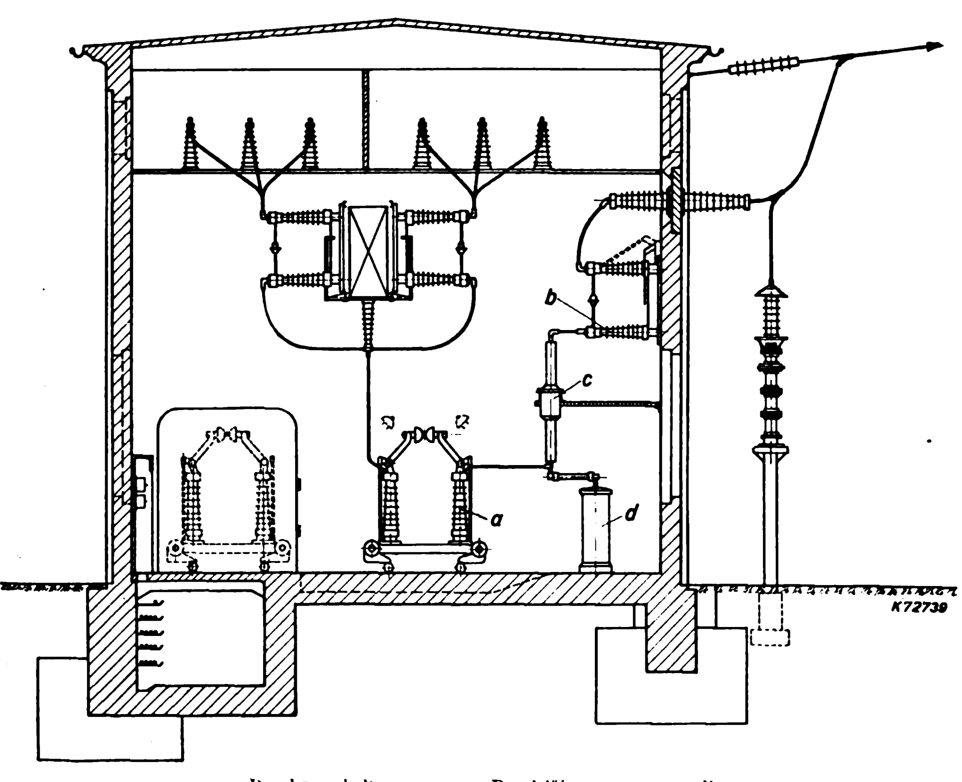


Bild 4. Meßwandlersatz der Reihe 100 (Stromwandler und Erdungsspannungswandler).

Wandler für Innenraum-Schaltanlagen

Für Innenschaltanlagen ist es erklärlich, daß die Forderung auf vollkommene Ölfreiheit immer stärker in den Vordergrund tritt. Die Erfolge, die hier im Meßwandlerbau bei der Beseitigung des Öles erzielt wurden, sind beachtlich. Man kann sagen, daß es heute für fast alle Fälle Meßwandler in Trockenausführung gibt. Als Bei-



a Druckgasschalter *c* Durchführungsstromwandler
b Trennschalter *d* Trocken-Spannungswandler

Bild 5. Einbau von Trockenmeßwandlern in eine Innenraum-Schaltanlage — Reihe 100.

spiel für den Einbau solcher Wandler in eine Innenschaltanlage sei Bild 5 gegeben. Für die Wandler wird zur Außenisolation stets Hartpapier genommen. Es wird als Schutzzylinder und in Kondensator-Durchführungen verwendet und zeichnet sich durch Beständigkeit in trockenen Räumen und durch Wirtschaftlichkeit aus. Auf Übereinstimmung des Äußeren braucht bei den Wandlern für Innenraum-Schaltanlagen kein besonderer Wert gelegt zu werden. Haupterfordernisse sind neben großer Leistung größte Sicherheit, absolute Freiheit von brennbaren Massen und geringes Gewicht.

Bei den Stromwandlern hat man einen sehr brauchbaren Trockenwandler in dem sogenannten Schleifenwandler, der sich bis zu den höchsten Spannungen wirtschaftlich bauen läßt. Das alte Vorurteil der geringen Kurzschlußfestigkeit gilt längst nicht mehr, da Schleifenwandler heute durchweg mit der gleichen Kurzschlußfestigkeit gebaut werden wie beispielsweise die oben angeführten Topfstromwandler mit Ölfüllung. Auch hier ist es möglich, Wandler mit mehreren Kernen und großer Leistung herzustellen, dabei gilt für Leistung und Überstromziffer das bereits Gesagte. Der in bezug auf Kurzschlußfestigkeit beste Wandler ist der Einleiter-Stabstrom-Wandler. Gerade bei dieser Bauform erzielte die Entwicklung einen besonders schönen Erfolg. Durch Erfahrungen in der Herstellung hoch permeabler Eisensorten (ohne Nickel) und durch Kunstschaltungen wurde es z. B. möglich, einen Einleiter-Wandler der Reihe 100 für 150 A Primärstrom mit der beachtlichen Leistung von 30 VA in Klasse in 0,5 zu schaffen. Auch hier ist die Mehrkernausführung ohne weiteres möglich.

Erwähnung verdient auch der Spannungswandler für Innenraum-Schaltanlagen. Er erfüllt alle Forderungen, insbesondere nach Schwingungsfreiheit. Es ist der zuerst von Biermanns angegebene Einphasen-Wandler in Säulenbauart. In verschiedenen Veröffentlichungen an dieser Stelle ist der Beweis für die absolute Stoßfestigkeit erbracht und der sonstige Aufbau dieser Wandler geschildert[2]). Diese Konstruktion hat sich bereits in verschiedenen Anlagen eingeführt und wird sich in Zukunft noch weiter durchsetzen.

Zusammenfassend ist festzustellen, daß im Bau von Hochspannungs-Meßwandlern für Schaltanlagen eine stetige angestrengte Entwicklung und Erforschung der Werkstoffe sichtbare Erfolge zeigten. Dem Schaltanlagenerbauer stehen für jede Aufgabe Bauformen zur Verfügung, die, ohne in der Zahl zu vielfältig geworden zu sein, allen Ansprüchen genügen.

---

[2]) J. Biermanns, Fortschritte im Transformatorenbau, ETZ 58 (1937) S. 660. — R. Küchler, Ein Trocken-Spannungswandler für höchste Spannungen, ETZ 58 (1937) S. 203.

Neue Aufgaben bei Großschweißanlagen

Von W. Müller VDE, Weinheim

DK 621.367:621.791.735

Großschweißanlagen werden bereits seit mehreren Jahren von den Werften sowie Großwerkstätten des Kessel- und Brückenbaues verwendet. Die neuesten Erkenntnisse im Schiffbau und allgemeinen Maschinenbau haben der Elektroschweißung auch dort Eingang verschafft, wo man früher an deren Haltbarkeit Zweifel hegte. Maßgebend waren Fortschritte auf dem Gebiet der Elektroschweißung, an denen sowohl die Elektrodenhersteller als auch in erster Linie der Elektromaschinenbau, d. h. der Schweißmaschinenbau, beteiligt waren. Neben Einzelschweißumformern wurden Großschweißanlagen gebaut, die sich in Großwerkstätten bestens bewährten.

Die Tatsache, daß in manchen Großschweißwerkstätten, wie z. B. im Schiffbau, beim Einsatz von Einzelumformern nur Einschaltzeiten von 25 bis 40 % erreicht würden, gab der Weiterentwicklung im Schweißmaschinenbau die Richtung zum sogenannten Vielstellenumformer; hinzu kommt noch, daß die Vielstellenschweißanlage für

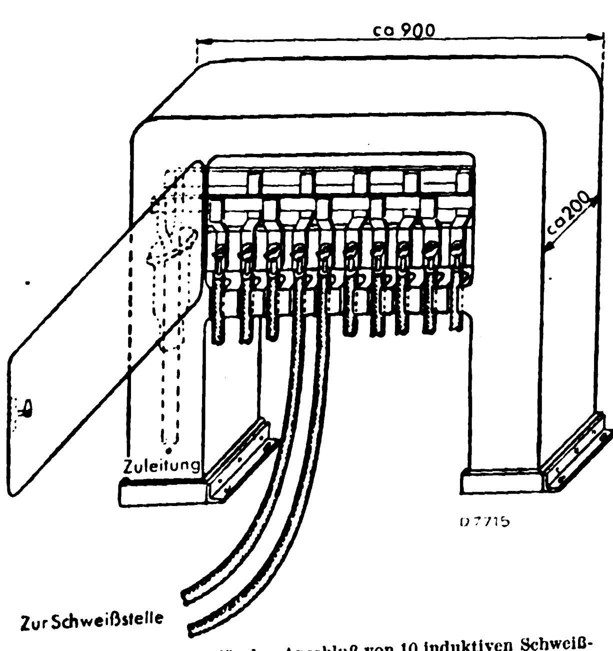


Bild 1. Verteilerkasten für den Anschluß von 10 induktiven Schweißstromreglern.

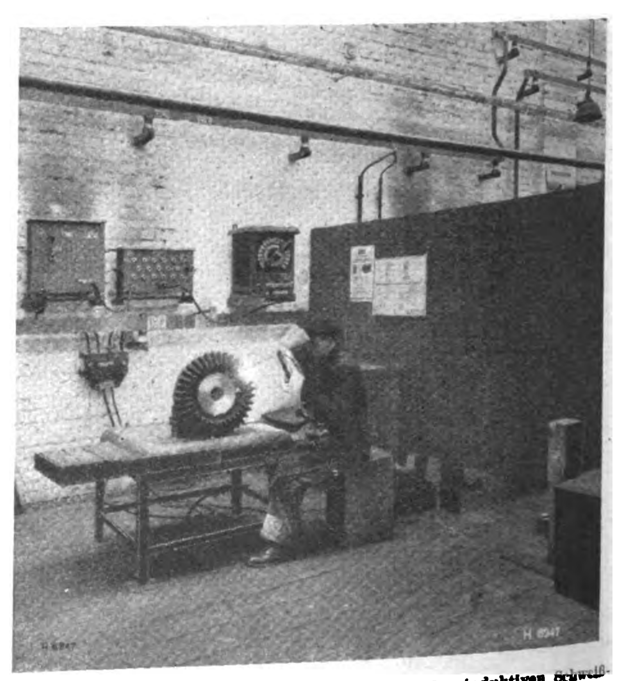


Bild 2. Anordnung der Schienenverteilung und der induktiven Schweißstromregler bei einer Vielstellenschweißanlage.

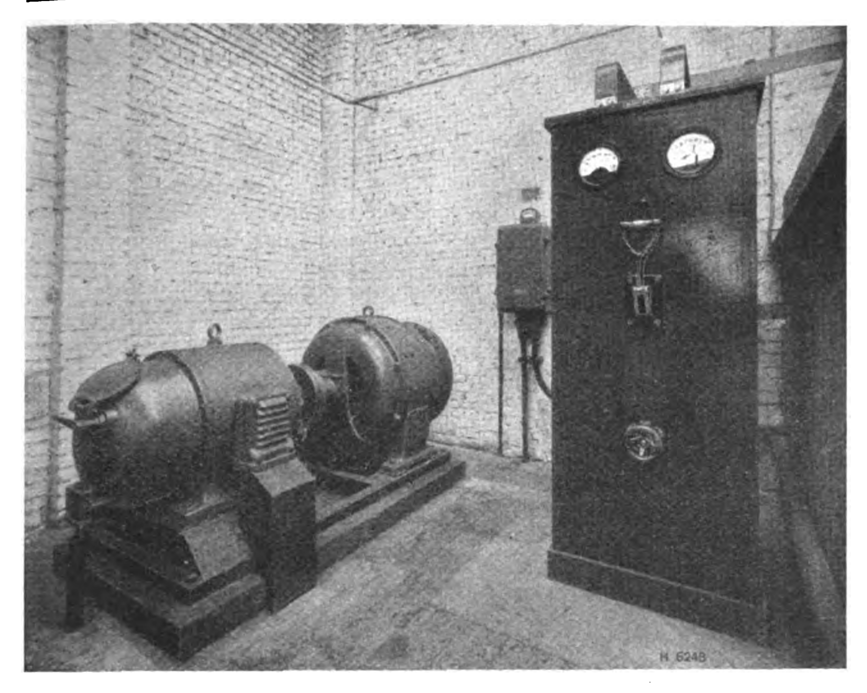


Bild 3. Anordnung des Umformers und der dazugehörigen Anlaßapparate und Schalttafel einer Vielstellenschweißanlage.

20 bis 40 Schweißstellen erheblich weniger Platz beansprucht als der Einsatz je eines Einzelumformers für jede Schweißstelle. Diese verschlechtern den Gesamtleistungsfaktor, was möglicherweise eine Überlastung des Speisekabels mit allen seinen Folgen nach sich ziehen kann. Durch Aufstellen von Kondensatoren kann notfalls dieser Gefahr begegnet werden. Bei Vielstellenschweißanlagen wird dies mit Sicherheit vermieden, da man die Gesamtbelastung des Generators überwachen und je nach Grad der Belastung weitere Schweißstellen zu- oder abschalten kann. Ein Vergleich des Gesamtbaustoffbedarfs zwischen Großschweißanlage und Einzelumformern ergibt eine Ersparnis von etwa 60 % zugunsten der Großschweißanlage. Auch die Anschaffungskosten verhalten sich wie 1 : 2 zugunsten der Vielstellenschweißanlagen.

Trotz dieser Vorzüge der Vielstellenschweißanlagen gegenüber den Einzelumformern müßte so manches Werk in einzelnen Werkstätten die Anschaffung ablehnen, da infolge von Kranbahnen, von Stützern und sonstigen Hindernissen die übliche Verlegung der Zuführungsschienen in Kanälen oder auf Trägern an der Wand unmöglich ist. In der letzten Zeit wurden jedoch diese Schwierigkeiten bei einigen Anlagen ohne weiteres überbrückt, indem man die Anlagen an einem Mittelpunkt der Werkstätten aufstellte und von dort aus den Schweißstrom mit biegsamem Kabel zu sogenannten Verteilerkästen führte.

Bild 1 zeigt einen dieser Verteilerkästen für 10 Anschlüsse, die am Boden mit Schrauben befestigt werden. Von ihnen aus wird ohne große Kabellängen die Verteilung zu den einzelnen Schweißstellen vorgenommen. Als Ableitungskabel zu den Schweißstellen wählt man Querschnitte von 50 bis 70 mm² je nach Länge des Kabels und den auftretenden Höchstschweißstromstärken unter Berücksichtigung des erlaubten Spannungsabfalles. Die Ableitungskabel werden noch durch besondere Kabelentlastungsschellen gehalten, so daß ein Abreißen der Kabel aus den Klemmenanschlüssen nicht möglich ist. Erst nach Öffnen einer Tür können die Kabel an- oder abgeklemmt werden. Durch seine geringen Abmessungen von etwa 900 × 200 × 600 mm kann der Verteilerkasten, ohne störend zu wirken, überall aufgestellt werden.

Mit einem Hebelschalter im Zuführungskabel kann außerdem ohne weiteres die Polarität an den Schweißstellen geändert werden. Mit dieser Anlage kann also an allen Schweißstellen entweder nur mit dem Pluspol oder mit dem Minuspol geschweißt werden, d. h. es ist nicht möglich, an ein und demselben Werkstück mit verschiedener Polarität zu schweißen. Wird diese Bedingung aber gestellt, so ist nur eine zweipolige Verlegung der Zuführung nötig, und außerdem müßten in diesem Fall die Werkstücke gegeneinander isoliert aufgestellt werden. Eine derartige Verlegung der Schienen zeigt Bild 2. Insgesamt 20 Einzelschweißzellen sind bei dieser Anlage nebeneinander aufgebaut.

Die Schienen werden hier auf besonderen Stützern verlegt. Der Abstand der Schienen von der Wand wurde mit etwa 300 mm gewählt. In die eigentliche Schienenverteilung wurden noch besondere Dehnungsstücke zum Abfangen der bei Temperaturwechsel zu erwartenden Dehnung der Schienen eingesetzt. Der Schweißstrom wird mit gummiisolierten Leitungen mit einem Querschnitt von 70 mm² zu den Reglern geführt. Die Leitungen sind in Stahlpanzerrohr verlegt, damit das Kabel gegen mechanische Beschädigungen geschützt ist. Die eigentlichen Regler sind auf besondere Stützer aufgesetzt, wo sie vom Schweißer schnellstens bedient werden können. Durch Umklemmen der Kabel an der Verteilungstafel kann die Polarität je nach Wunsch gewechselt werden. Die Anordnung der Schweißzellen sowie der Maschinenzentrale zeigt Bild 3.

Der BBC-Vielstellenschweißumformer läuft sehr ruhig, da er auf einem guten Fundament — getrennt von der Schweißanlage — aufgebaut ist. An der Wand wurde der Motorschutzschalter für den Antriebsmotor angebracht. Die Verteilungsanlage enthält außer den Meßinstrumenten und dem Nebenschlußregler für den Generator noch einen besonderen Überstromselbstausschalter. Die gesamte Einrichtung für die Stromerzeugung wurde mit einem Gitter geschützt und damit dem Zugriff Unberufener entzogen.

Derartige Anlagen kommen jedoch nur in kleinen Betrieben zur Aufstellung. Bei größeren Werften werden mehrere Maschinen bis zu einer Gesamtstromstärke von

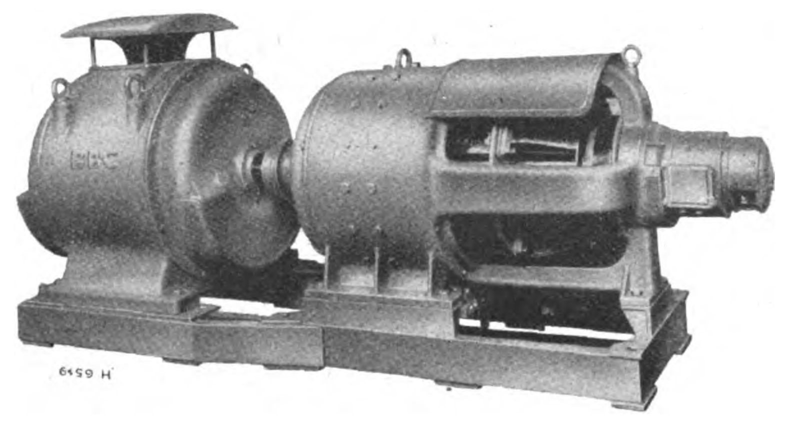


Bild 4. Vielstellenschweißumformer für eine Gesamtschweißstromstärke von 3600 A zum Anschluß von 30 bis 40 Schweißstellen.

3600 A für den Anschluß von 30 bis 40 Schweißstellen je Maschine aufgestellt, die je nach Bedarf auch ohne weiteres untereinander parallel arbeiten müssen (Bild 4). Bei diesen Großanlagen entfällt natürlich das Verlegen der Zuführung mit Kabel oder mit Schienen an der Wand. Hierfür wird das Schweißnetz ausschließlich in Schienenkanälen verlegt. Wie eine solche Anlage ausgeführt wird, zeigt der Grundschaltplan (Bild 5) eines Schweißnetzes für das Schweißen mit verschiedener Polarität. Die Maschinen werden zentral in einem Raum aufgestellt. Die Zuleitung wird dreipolig verlegt, wodurch es möglich ist, an einem Schiffskörper oder an großen Werkstücken mit verschiedener Polarität zu schweißen.

Durch Umlegen von Umschaltern am Schweißplatz wird die Polarität gewechselt. Außerdem können alle Maschinen untereinander parallel arbeiten unter Einsatz der ebenfalls verlegten Ausgleichsleitungen. Für eine derartige Leitungsverlegung müssen selbstverständlich die zu verlegenden Leitungsquerschnitte, unter Berücksichtigung des erlaubten Spannungsabfalles von 5 %, genau berechnet werden. An allen Abgriffsstellen müssen sowohl bei symmetrischer wie auch bei unsymmetrischer Belastung des Schweißstromnetzes die gleichen Spannungsverhältnisse vorhanden sein, damit sämtliche Schweißer unter den gleichen Bedingungen arbeiten. Derartige Leitungsverlegungen sind naturgemäß sehr teuer. Der Preis ist meist so hoch wie der der Maschinenanlage, mitunter sogar noch höher. Bei einzelnen Anlagen verzichtet man darum auf diese Art der Leitungsverlegung. Die Maschinenanlage wurde aufgeteilt, und es wurden längsseits der Hallen oder Baudocks in besonderen Räumen oder unterirdischen Nischen paarweise kleine Umformer untergebracht. Zum Antrieb wurden Hochspannungsmotoren gewählt, wodurch das vorhandene Niederspannungsnetz nicht unnütz belastet wird und für den Anschluß kleinerer Antriebsmotoren freibleibt. Mit den Maschinensätzen zusammen werden die Anlaßapparate und die Schaltafeln mit den Meßinstrumenten und den Verteilungen aufgestellt. Da in jedem Raum meistens zwei Anlagen mit einer Stromstärke von je 2250 A stehen, ist es möglich, in dem Bereich, den diese Anlage mit Schweißstrom zu versorgen hat, jede Gruppe mit verschiedener Polarität arbeiten zu lassen. Bild 6 zeigt einen Reglerschrank, wie er für derartige Anlagen ausgeführt wird.

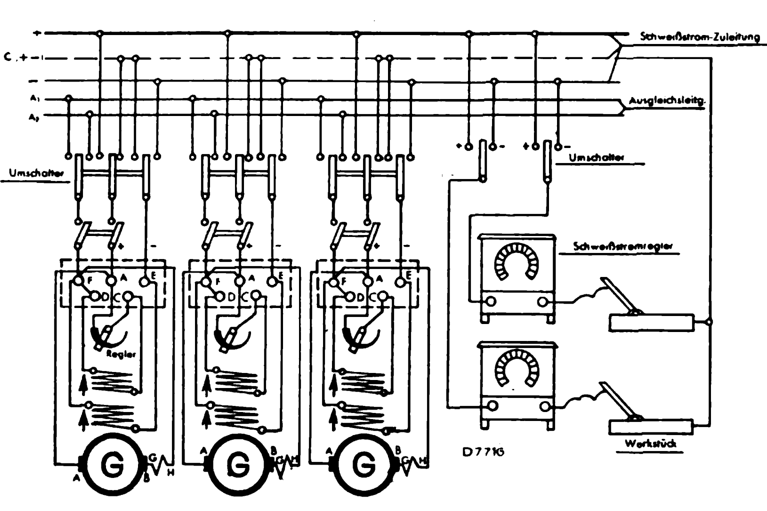


Bild 5. Grundschaltplan des Schweißnetzes einer Vielstellenschweißanlage für das Schweißen mit verschiedener Polarität.

Diese Schränke werden zum Unterbringen von 10 oder 20 induktiven Schweißstromreglern gebaut. Die Regler sind auf Winkeleisen aufgeschraubt; sie können durch Lösen der Schrauben ausgewechselt werden. In dem unteren freien Raum ist die Hauptanschlußschiene auf Stützer verlegt, von der aus die Zuleitung mit Rundkupfer zu den Reglern geschieht. Als Ableitung wird auch Rundkupfer verwendet. Sämtliche Regler sowie Anschlußklemmen sind gekennzeichnet, so daß ein Verklemmen der Ableitungskabel unmöglich wird.

Der Schrank hat einen Raumbedarf von 1900 × 1700 × 1600 mm, kann also überall gut aufgestellt werden. Durch entsprechenden Einbau der Regler ist der Schwerpunkt so verlagert, daß der Schrank nicht kopflastig ist. Er kann also auf unebenen und schiefen Flächen aufgestellt werden. Besonders angebrachte Wärmeleitbleche sowie Lüftungsspalten sorgen für schnelles Abführen der entstehenden Wärme, so daß Wärmestauungen nicht eintreten können. Durch ihr geringes Gesamtgewicht können die Schränke ohne weiteres durch einen Kran an die Bedarfsstelle gebracht werden. Der Schrank hat vor- und rückseitig je zwei Türen, die die Regler gegen jeg-

G 6641

Bild 6. Ansicht eines Schweißstromreglerschrankes für eine Vielstellenschweißanlage für 10 induktive Schweißstromregler.

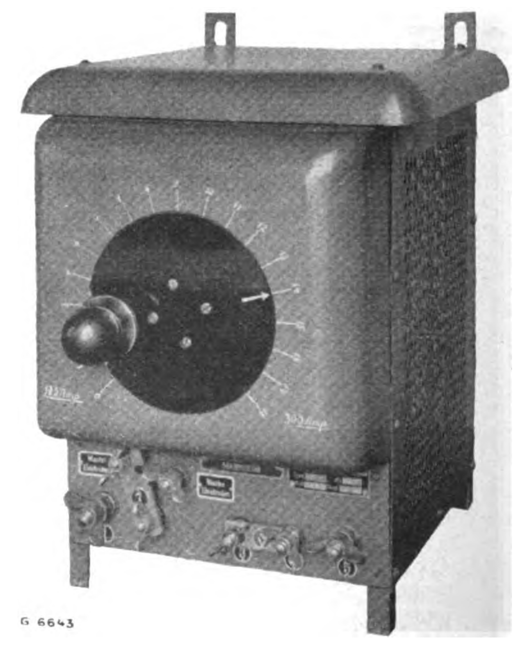


Bild 7. Induktiver Schweißstromregler in geschlossener Ausführung für eine Vielstellenschweißanlage für einen Schweißstrom von 50 bis 300 A.



liche mechanische Beschädigung sowie gegen Witterungseinflüsse schützen.

Diese Schränke werden im Schwerpunkt des Schweißstrom-Versorgungsbereiches aufgestellt. Als Zuführungskabel zu den Schränken wählt man je nach der Zahl der Regler zwei oder vier Kabel mit je 300 mm², während die Ableitungen zu den eigentlichen Schweißstellen je nach Länge Kabel von 50 bis 70 mm² sind. Sämtliche Kabel werden durch Kabelentlastungsschellen gehalten, die ein Knicken oder Brechen des Kabels unmöglich machen.

Damit der Spannungsabfall in den erlaubten Grenzen bleibt, werden die Generatoren schwach aufkompoundiert, wodurch der Spannungsabfall bei allen Belastungen ziemlich ausgeglichen wird. Ein gegenseitiges Behindern der Schweißer kann nicht eintreten. Diese Maßnahme wird noch durch die im mehrjährigen Betrieb bewährten induktiven Schweißstromregler (Bild 7) unterstützt.

Diese Regler können sowohl an eine Konstantspannung des Generators von 40 V beim Verschweißen von blanken Elektroden sowie an 60 V beim Verarbeiten von besonderen Spezialelektroden, die eine höhere Lichtbogenspannung benötigen, angeschlossen werden. Dies ist von großer Bedeutung, da hierdurch der Reglerverlust verringert wird und damit die Anzahl der Schweißstellen erhöht werden kann, die an dieser Anlage angeschlossen werden sollen. Durch die induktive Wirkung der Regler bleiben die schweißtechnischen Eigenschaften auch bei Anlagen mit einer Spannung von 40 V gleich günstig.

Bild 8 zeigt den Leerlauf-Kurzschluß-Leerlauf-Versuch mit einem induktiven Regler. Das Oszillogramm wird im Augenblick der Kurzschlußunterbrechung aufgenommen. Die Dauerkurzschlußstromstärke betrug 250 A bei einer kleinen Restspannung. Nach Unterbrechung des Kurzschlusses stieg die Spannung von ihrem Restbetrag in etwa $^1/_{10}$ s auf den eingestellten Wert von 45 V und erreichte zwischendurch eine Spannungsspitze von etwa 78 V. Diese Spannungsspitze, die durch die induktive Wirkung des Reglers erzielt wird, beträgt 173 % der Leerlaufspannung. Das Bild beweist die spannungsaufbauende Wirkung des induktiven Reglers, wodurch ein Arbeiten mit der geringen Spannung von nur 40 V erst möglich wird. Diese geringe Spannung gefährdet den Schweißer auch bei feuchter Witterung nicht, weil sie schädliche hohe Stromdurchgänge unmöglich macht. Sämtliche Arten von Schweißungen, wie waagerecht, senkrecht sowie Überkopf-Schweißen, lassen sich mit diesem Regler ohne weiteres durchführen. Erst durch den Einsatz dieses Reglers wird die Vielstellenschweißanlage derartig vielseitig verwendbar.

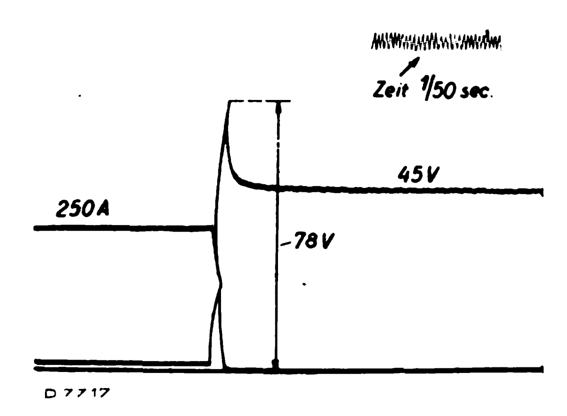


Bild 8. Oszillogramm des Leerlauf-Kurzschluß-Leerlauf-Versuches einer Vielstellenschweißanlage mit induktivem Schweißstromregler.

Durch Verwendung von Verteilern bzw. Reglerschränken können heute in jeder Werkstatt Vielstellenschweißanlagen aufgestellt werden. Bei der Planung von neuen Werkstätten sollte hierauf besonders geachtet werden. Bei richtiger Planung, also beim Anschaffen einer in der Größenordnung geeigneten Anlage, die voll ausgenutzt werden kann, sind große Ersparnisse in den Anschaffungs-, Strom- und später entstehenden Unterhaltungskosten zu erzielen. Es wird sich zeigen, daß die Beschaffung von Vielstellenschweißanlagen in für sie geeigneten Werkstätten in jedem fortschrittlichen Betrieb zur Notwendigkeit wird.

Leichtmetall-Bandwalzwerke und ihre Antriebe

Von **Hellmut Bauer** VDE, Mannheim

DK 621.34 : 621.944

Die Umstellung der Industrieerzeugnisse auf die Verwendung von Leichtmetall ist in vollem Gange, so daß der Absatz von Bändern noch immer im Steigen begriffen ist. Deshalb besteht ein großes Bedürfnis zur Aufstellung von Bandwalzwerken aller Art, angefangen von kleinen Anlagen mit einer Bandbreite von 40 bis 100 mm bis zu den größten Mehrwalzengerüsten, die Bänder bis 2300 mm Breite herzustellen erlauben. Der elektrische Antrieb der verschiedensten Bandwalzwerke kann den jeweiligen Betriebsbedingungen weitgehend angepaßt werden. Bei Bandwalzwerken für schmale Bänder kommt in der Hauptsache ein nichtregelbarer Antriebsmotor in Betracht. Von dem Antrieb mit Keilriemen ist man schon lange abgegangen; man legt, um den Betriebsbedürfnissen besser gerecht zu werden, zwischen dem normalerweise durchlaufenden Drehstrommotor eine elektromagnetische Kupplung. Der Antrieb besteht also aus einem Drehstrommotor, der mit einem Halblastanlasser angelassen wird. Lassen es die Netzverhältnisse zu, so kann auch ein Drehstrommotor mit Kurzschlußläufer verwendet werden, der gegebenenfalls in Sterndreieckschaltung angelassen wird. Außerdem erhalten derartige Walzwerke einen Antriebsmotor für die gemeinsame Anstellung der Walzen, der mit einem Schütz und Druckknopf für Rechts- und Linkslauf gesteuert wird. Das aufgewickelte Band wird auf eine Haltevorrichtung aufgebracht, dann das Bandende durch die Walzen geführt und an einem Haspel befestigt. Die Walzen werden dann durch die Anstellvorrichtung zusammengedrückt. Mit einem Druckknopf wird die elektromagnetische Kupplung eingerückt und dadurch das Walzwerk in Betrieb gesetzt, wodurch gleichzeitig auch der mit Rädervorgelege und Rutschkupplung angetriebene Haspel anläuft. Ist das Band durchgelaufen, so wird mit einem Druckknopf die elektromagnetische Kupplung ausgerückt und das Walzwerk stillgesetzt. Handelt es sich um Bandwalzwerke mittlerer Bandbreite, so kommen hierfür Antriebsleistungen von 60 bis 100 kW in Betracht (Bild 1). In diesem Falle empfiehlt es sich, von einem durchlaufenden Antriebsmotor abzusehen und eine besondere, durch Druckknöpfe betätigte, selbsttätig arbeitende Anlaßschützsteuerung anzuwenden. Die Erfahrungen haben gezeigt, daß der Arbeitsbedarf für die Querschnittverminderung des Bandes beträchtlich sinkt, wenn durch den Aufhaspel ein starker Zug auf das Band ausgeübt wird. Hierdurch wird es auch möglich, in einem Durchlauf des Bandes eine ganz erhebliche

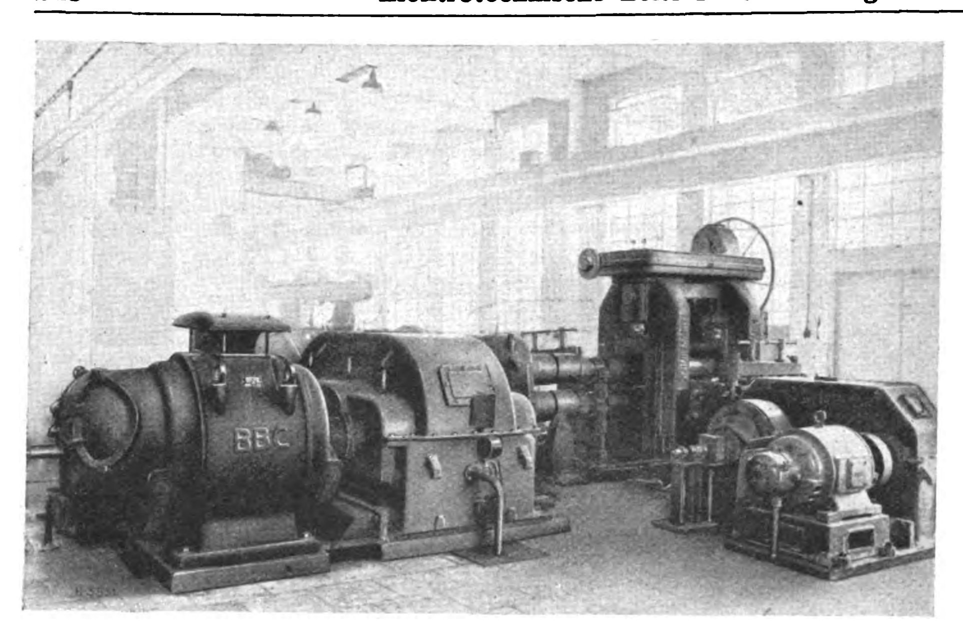


Bild 1. Bandwalzwerk mit elektrisch angetriebenem Haspel.

erforderliche Keilriemenantrieb kommt hierdurch in Fortfall, was neben der Krafterspamis außerdem eine wesentliche Vereinfachung und eine Verringerung des Platzbedarfes der Anlage zur Folge hat. Die höheren Anschaffungskosten eines durch Gleichrichter gespeisten regelbaren Gleichstromantriebes für Bandwalzwerke mittlerer Leistung machen sich sehr schnell durch den geringeren Stromverbrauch und die wesentlich höhere Erzeugung bezahlt.

Bei Bandwalzwerken größerer Bandbreite von 200 bis 600 mm verwendet man nicht einen, sondern zwei angetriebene Haspel. Die Untersuchungen des Kraftbedarfes haben nämlich eindeutig bewiesen, daß es vorteilhaft ist, nicht nur einen Zug auf der Auslaufseite auf das Band auszuüben, sondern auch den gleichen Zug auf der Einlaufseite der Walze einzustellen. Dies verlangt also, daß der Auf- und Abhaspel elektrisch angetrieben werden. Hierdurch werden an die Steuerung des ganzen Antriebes von dem Bandwalzwerk ganz neue Anforderungen gestellt. Es muß nämlich möglich sein, nach dem Einführen des Bandes in das Walzwerk und Befestigen des Endes an dem Aufhaspel, im Stillstand einen entsprechenden Zug auf der Einlauf- und Auslaufseite der Walzen zu wählen, der je nach der Stärke des Werkstoffes und der Bandbreite verschiedene Werte hat. Unabhängig hiervon muß dann die Walzenanstellung und damit der Walzdruck regelbar sein, um die gewünschte Dickenverminderung des Bandes zu erhalten. Sind diese Einstellungen gemacht, so müssen durch die Steuerung die beiden Haspelmotoren und der Walzwerksmotor selbsttätig im Gleichlauf ohne Verändern des eingestellten Bandzuges anlaufen. Da sich dann der Durchmesser des Bundes auf dem Abhaspel dauernd vermindert, während sich umgekehrt der Bunddurchmesser durch Aufwickeln auf dem Aufhaspel vergrößert, müssen die beiden Antriebsmotoren der Haspel eine selbst-

Dickenverminderung zu erreichen und damit eine entsprechend höhere Erzeugung. Nach dem Einführen des Bandendes in die Walzen und Befestigen an dem Ziehhaspel wird durch Messen des Bandes festgestellt, ob die Walzenanstellung genügend stark ist, um die gewünschte Verminderung der Bandstärke zu erhalten. Es ist deshalb zweckmäßig, wenn die Steuerung des Antriebsmotors der Walzen so ausgebildet wird, daß durch Betätigen eines besonderen Druckknopfes der Motor langsam anläuft, solange der Druckknopf gedrückt wird. Man erreicht dies durch die sogenannte Einrichteschaltung, die die Bedienung des Walzwerkes sehr erleichtert. Werden auf dem Bandwalzwerk Bänder verschiedener Festigkeit und Breite hergestellt, so ist es erwünscht, den Walzwerksmotor in der Drehzahl zu regeln. In diesem Falle kann für den Antrieb ein Gleichstrommotor verwendet werden, der in seiner Drehzahl im Verhältnis 1 : 2 oder mehr regelbar ist. Dieser Motor wird am wirtschaftlichsten über eine Gleichrichteranlage gespeist. Je nach der Leistung kommen hierfür die bewährten Glasgleichrichter in Betracht, die für Leistungen bis 500 A bei Spannung bis 500 V gebaut werden. Mit einer Gittersteuerung ist es bekanntlich möglich, die Spannung eines Gleichrichters stufenlos und kontaktlos von 0 bis zur Normalspannung zu regeln. Hierfür werden sogenannte Drehregler verwendet, die motorischen Antrieb erhalten. Dieser Antrieb des Drehreglers wird durch Druckknöpfe gesteuert und gestattet eine sehr einfache Bedienung des Bandwalzwerkes (Bild 2).

Es wird dabei nicht nur der Antrieb durch Betätigen des Druckknopfes angelassen, sondern auch die gewünschte Drehzahl eingestellt und damit die Walzengeschwindigkeit, die je nach der Stärke und Breite des herzustellenden Bandes zweckmäßig verschieden gewählt wird. Diese selbsttätige Steuerung setzt die Totzeiten bei der Bedienung des Antriebes beträchtlich herab, so daß sich eine erhöhte Erzeugung an fertig gewalzten Bändern ergibt, zumal auch die Walzgeschwindigkeit bei schmäleren Bändern entsprechend hoch eingestellt werden kann. Der Gleichrichter hat die Eigenschaft, daß seine Wirkungsgrade zwischen $^1/_4$ und $^5/_4$ Last praktisch gleich günstig bleiben, und außerdem der Leerlaufverbrauch sehr gering ist. Der Walzwerksmotor wird mit der Gittersteuerung in wenigen Sekunden stoßfrei angelassen; sie ermöglicht es, jede gewünschte Drehzahl innerhalb des Regelbereiches einzustellen. Die Abmessungen des Gleichstrommotors erlauben es, ihn neben das Walzwerk zu stellen und ihn unmittelbar mit dem Vorgelege zu kuppeln. Der sonst

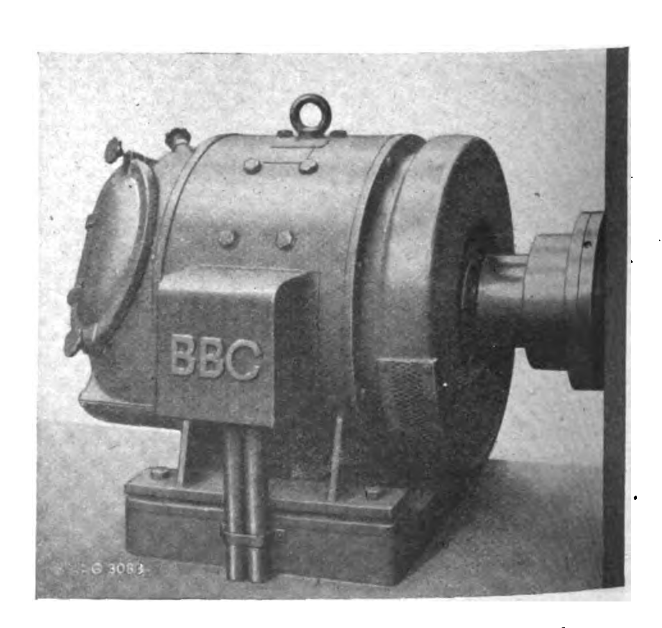


Bild 2. Gleichstrommotor für Antrieb eines Bandwalzwerkes. Leistung 45 kW, 700 bis 1500 U/min.



tätige Steuerung derartig haben, daß diese Unterschiede im Bunddurchmesser durch eine entsprechende Drehzahlregelung ausgeglichen werden. Wäre dies nicht der Fall, so würde der Bandzug auf dem Abhaspel kleiner und auf dem Aufhaspel mit dem zunehmenden Durchmesser größer werden. Erforderlich ist aber die Konstanthaltung des Bandzuges, um ein Reißen zu verhindern. Anderseits muß der eingestellte Bandzug auch bei den verschiedenen Drehzahlen, die sich durch die gewählte Walzgeschwindigkeit ergeben, ebenfalls aufrechterhalten werden. Wenn das Band durchgelaufen ist, wird der Antrieb vor dem völligen Ablauf stillgesetzt. Dann wird sowohl die Walzenanstellung, als auch der Bandzug bei beiden Haspeln neu eingestellt und der Antrieb in umgekehrter Richtung angelassen. Nach drei- bis viermaligem Hin- und Rücklauf ist es z. B. möglich, die Bandstärke von 3 mm auf 0,5 mm zu vermindern. Neuzeitliche Einrichtungen gestatten es, den Bandzug auf beiden Seiten des Walzgerüstes in weiten Grenzen einzustellen und durch entsprechende Regelvorrichtungen selbsttätig aufrechtzuerhalten. Der Bandzug in Tonnen kann an Meßinstrumenten dauernd abgelesen werden. Sollte das Band reißen, so wird der Antrieb selbsttätig stillgesetzt. Die beiden Haspelmotoren sind so geschaltet, daß der Abhaspel als Generator arbeitet und somit durch Energierücklieferung den Arbeitsbedarf des Antriebes herabsetzt. Die Banddicke kann durch eine selbsttätige Meßvorrichtung während des Betriebes an einem Meßinstrument abgelesen werden. Nach Durchlauf des Bandes wird der Antrieb selbsttätig stillgesetzt und dadurch verhindert, daß sich das Bandende vom Haspel löst.

Eine besondere Steuerung erfordert auch die Walzenanstellung, wofür gewöhnlich zwei Motoren verwendet werden. Diese Motoren werden so geschaltet, daß sie auch gegenläufig arbeiten können. Hierdurch ist es möglich, Ungleichheiten im Walzenspalt auszugleichen. Anderseits müssen die Motoren auch zusammenarbeiten können, da bei breiten Bändern der Walzdruck auf beiden Seiten gleichmäßig eingestellt wird. In Sonderfällen wird gewünscht, daß keilförmige Streifen gewalzt werden können. Die Anstellmotoren müssen also so gesteuert werden, daß sich beim Durchlauf des Streifens durch die Walzen der Walzenspalt verkleinert und die Streifendicke gegen das durchlaufende Ende zu gleichmäßig abnimmt. Es geht hieraus hervor, daß auch die Drehzahl der Anstellmotoren zweckmäßig in weiten Grenzen regelbar gewählt wird. So ist es z. B. erwünscht, zum Ausbau der Walzen diese möglichst schnell heben zu können. Da es beim Herstellen von Bändern auf Bruchteile von Millimetern ankommt, werden die Walzen über eine große Übersetzung sehr feinstufig angestellt. Es ergibt sich deshalb beim Ausbau der Walzen trotzdem eine Laufzeit der Anstellmotoren von 15 bis 30 min, wenn diese mit ihrer höchsten Drehzahl arbeiten.

Es lassen sich also sämtliche Antriebsfragen vollständig lösen. Durch die selbsttätigen Steuerungen von BBC ist eine einfache Bedienung und eine hohe Ausnutzung des Walzwerkes gewährleistet.

Rollgangsmotoren und ihre Steuerung

Von A. Ohlhoff VDE, Mannheim

DK 621.313.3

Sollen für die Rollgänge eines Walzwerkes die Antriebsmotoren beschafft werden, so ist zuerst deren Größe zu bestimmen. Während früher gußeiserne Rollen verwendet wurden, hat man heute das Bestreben, die Rollen möglichst leicht zu bauen. Sie werden als hohle Rollen aus Stahlrohr hergestellt mit einem möglichst kleinen Durchmesser, um das Schwungmoment klein zu halten. Die Rollen erhalten Rollenlager, um das Reibungsmoment zu vermindern. werden müssen, um das Läuferschwungmoment in mäßigen Grenzen zu halten. Andererseits werden auch niedere Motoren verlangt, weil sie unter dem Plattenbelag eingebaut werden müssen, wenn das Walzgut quergeschleppt werden soll. Deswegen werden die Motoren

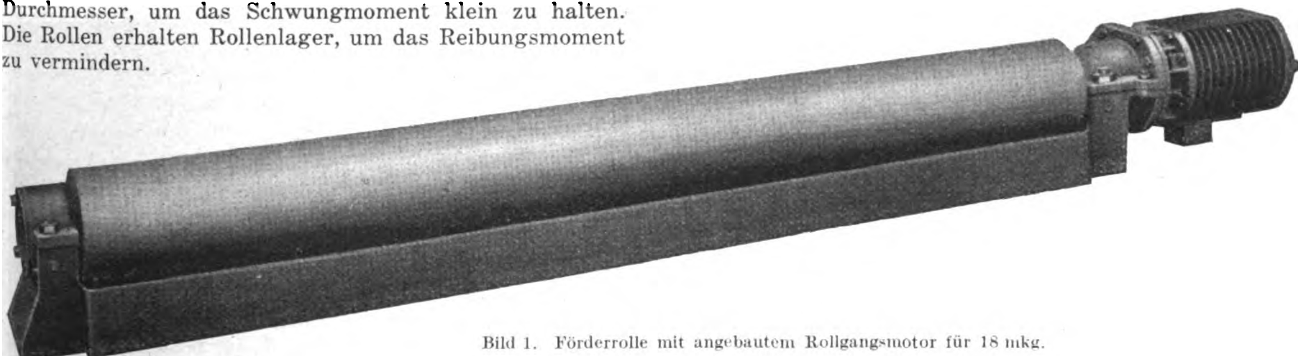


Bild 1. Förderrolle mit angebautem Rollgangsmotor für 18 mkg.

Die gesteuerten Rollgangsmotoren werden nicht für die abzugebende Leistung berechnet, sondern für das Anzugsmoment, das nötig ist, um das auf den Rollen liegende Walzgut sicher zu beschleunigen. Unter der Berücksichtigung der Verteilung des Blockgewichtes auf mehrere Rollen kann die Summe der Schwungmomente für Block, Rolle und Motorläufer festgestellt und das erforderliche Beschleunigungsmoment berechnet werden. Aus Beschleunigungs- und Reibungsmoment läßt sich dann das notwendige Motor-Anzugsmoment bestimmen. Man erkennt sofort, daß auch im Rollgangsmotorbau Konstruktionen mit möglichst kleinem Durchmesser geschaffen meist auch oben abgeflacht gebaut. Die Werte für das Anzugsmoment der Rollgangsmotoren schwanken zwischen 3 und 24 mkg bezogen auf die Rollenachse. Jedoch wurden in den letzten Jahren von BBC auch Rollgangsmotoren für 40 bis 50 mkg Anzugsmoment an der Rollenachse gebaut.

Der Rollgangsmotor wird als vollständig geschlossener Motor mit Kühlrippen ausgeführt. Durch die Rippen wird die Wärmeabstrahlung vergrößert. Für die elektrische Bemessung, besonders des Kurzschlußläufermotors, spielt die Zahl der Schaltungen je Stunde, die Schalthäufigkeit, eine große Rolle. Es ist daher bei der

Planung von Rollgängen unbedingt erforderlich, dem Berechner genaue Angaben über die Betriebsweise der Walzenstraße zu machen.

Man unterscheidet zwischen Förder- und Arbeitsrollgängen. Bei den ersten sind die Motoren entweder für durchlaufenden Betrieb zu berechnen oder für eine kleine bestimmte Schaltzahl je Stunde bei einer gewissen Einschaltdauer, z. B. 40 % oder 65 % ED. Arbeitsrollgänge werden meist für zwei Förderrichtungen gebaut, das bedingt, daß die Motoren für Umkehrbetrieb bemessen werden müssen. An Stelle der Schalthäufigkeit tritt die Zahl der Umkehrungen je Stunde, wodurch eine weitaus größere Erwärmung der Motoren verursacht wird. Bei den Arbeitsrollgängen vor und hinter einem Blockgerüst beispielsweise werden die Rollen unmittelbar von einer Drehrichtung in die andere umgeschaltet, d. h. der Motor wird mit Gegenstrom bei höchstem Bremsmoment abgebremst und läuft sofort wieder in entgegengesetzter Richtung an. Es muß ferner damit gerechnet werden, daß das Walzgut einmal nicht einwandfrei gerade aus den Walzen kommt und verformt wird, so daß das volle Gewicht nur auf einer Rolle liegt. Dies hat selbstverständlich das sofortige Festbremsen zur Folge und der Motor steht unter seinem vollen Kurzschlußstrom. Die Wicklung des Motors muß die zusätzliche starke Erwärmung ohne durchzubrennen einige Zeit lang aushalten können, da mit diesem Zwischenfall im Walzwerk gerechnet werden muß. Um jedoch die Motoren nicht unnötig lang dem Kurzschlußstrom auszusetzen, werden häufig thermische Relais angebracht, die nach einigen Minuten, wenn bis dahin keine mechanische Entlastung eingetreten ist, das Abschalten veranlassen. All diese starken thermischen Beanspruchungen verlangen, daß die Wicklungen der Rollgangsmotoren mit wärmebeständiger Isolation versehen werden, die ein Durchbrennen unmöglich macht.

Außerdem ist noch die Motordrehzahl festzulegen, die abhängig ist vom Rollendurchmesser und der Fördergeschwindigkeit, die meist gegeben sind. Diese Größen sind festgelegt durch die Walzgeschwindigkeit des aus den Walzen auslaufenden Walzgutes. Es würde zu weit führen, hier auf die gebräuchlichsten Drehzahlen bei Rollgangsmotoren einzugehen.

Ein Ausführungsbeispiel eines an eine Rolle angebauten Rollgangsmotors zeigt Bild 1. Es sei hier bemerkt, daß bei großen Blockstraßen, bei denen Gefahr besteht, daß das Walzgut vielleicht öfter nur auf eine Rolle zu liegen kommt, nicht einzeln angetriebene Rollen, sondern Gruppenantriebe verwendet werden. Man hat

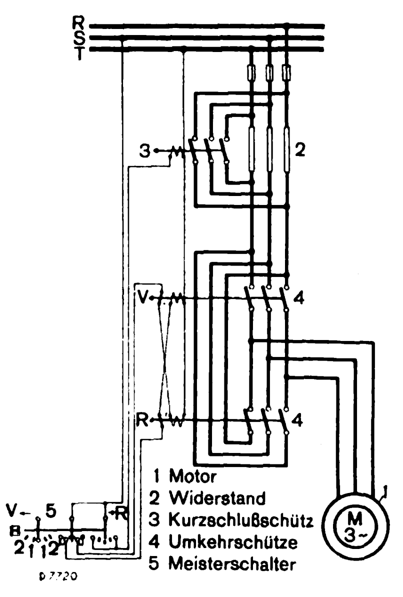


Bild 2. Umkehrsteuerung mit Netzwiderstand.

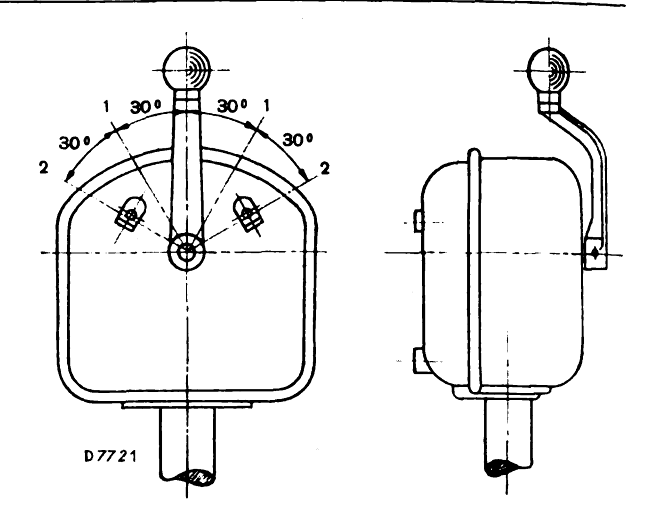


Bild 3. Meisterschalter für Walzwerksantriebe.

dann die Gewähr, daß die belastete Rolle das Walzgut noch beschleunigen kann bis die anderen Rollen eingreifen.

Die Steuerung der Rollgangsmotoren entspricht in ihrer einfachsten Form der Umkehrsteuerung eines Drehstrom-Kurzschlußläufermotors, wie sie in Bild 2 dargestellt ist, wobei zunächst der Widerstand *2* und dessen Kurzschlußschütz *3* außer Betracht bleiben sollen. Meist wird man mit den Umkehrschützen *4* nicht nur einen einzigen Rollgangsmotor steuern, sondern eine größere Gruppe, wie es gerade die örtlichen Verhältnisse erfordern. Die Schütze werden durch kräftige für den rauhen Walzwerksbetrieb besonders gebaute Meisterschalter eingeschaltet. Bild 3 zeigt einen solchen Meisterschalter der BBC-Fertigung. Der Schalter hat einen Steuerhebel, der nach zwei Seiten, entsprechend den beiden Förderrichtungen, umgelegt werden kann. Er wird auf einem Rohr- oder auf einem Profileisengerüst befestigt. Die geringe Tiefe von nur etwa 250 mm ermöglicht es, mehrere derartige Meisterschalter nebeneinander aufzubauen.

Oft zeigt es sich, daß bei leichten Blöcken das volle Motormoment zu groß ist. Dann schleifen die Rollen unter dem Block und erhalten Rillen. Dasselbe kann auch bei zu starkem Gegenstrombremsen eintreten. Dieser Nachteil läßt sich durch zweistufiges Anlassen mit einem Netzwiderstand vermeiden, da das Motormoment quadratisch mit der verminderten Spannung sinkt. Diese Anordnung zeigt Bild 2.

Bei in der Drehzahl regelbaren Walzwerks-Antrieben müssen die Rollgänge der veränderlichen Walzgeschwindigkeit angepaßt werden. Dies erreicht man, indem die Rollgangsmotoren mit einer veränderlichen Frequenz gespeist werden. Hierzu dient ein Synchrongenerator, der von dem Walzwerksmotor angetrieben wird, sei es über Getriebe oder Riementrieb. Meist jedoch werden getrennte Umformer aufgestellt. Diese bestehen aus einem Gleichstromantriebsmotor mit angekuppeltem Synchrongenerator. Der Gleichstromantriebsmotor hat den Vorteil, daß nach dem Abdrehen der Walzen die Fördergeschwindigkeit wieder verhältnisrichtig zur neuen Walzgeschwindigkeit eingestellt werden kann. Dasselbe wird erreicht, wenn man die Rollenmotoren an den Ständer eines läufergespeisten Drehstrom-Nebenschlußkommutatormotors anschließt, wodurch jene mit veränderlichen Frequenzen gespeist werden.

Bei neueren großen Umkehrblockwalzwerken wurde die Forderung gestellt, daß die Arbeitsrollgänge vor und hinter dem Gerüst mit verschiedenen Geschwindigkeiten laufen müssen, um dem verlängerten Walzgut Rechnung zu tragen, andernfalls kann bei besonders empfindlichen

Werkstoff die Oberfläche des Bleches beschädigt werden. Mit einem Frequenz-Umformer kann aber nur eine mittlere Geschwindigkeit eingestellt werden, so daß es vorteilhafter ist, zwei getrennt angetriebene Umformer aufzustellen, deren Gleichstrom-Antriebsmotoren in ihren Drehzahlen entsprechend der prozentualen Verlängerung des Walzgutes verschieden eingestellt werden.

Bei dem heutigen Stand der Steuerungstechnik lassen sich noch weitere und schwierigere Steuerungen entwickeln, jedoch soll das Vorstehende genügen, den Weg zu weisen, den in den letzten Jahren die Elektroingenieure gegangen sind, um den Maschineningenieuren des Walzwerksbaus die Ausbildung groß ausgedehnter Anlagen zu ermöglichen.

Starkstrom-Kontakt-Meßgeräte und Kontaktvorrichtungen

Von **H. Baars**, Magdeburg

DK 621.317.79 : 621.182.27

Zeiger-Meßgeräte mit festen oder verstellbaren elektrischen Kontaktstellen sind schon seit Jahrzehnten bekannt. Sie haben die Aufgabe, beim Unter- oder Überschreiten einer Meßgröße, z. B. des Druckes, der Temperatur oder der Drehzahl, entweder ein optisches oder ein akustisches Signal auszulösen oder aber irgendeinen elektrischen, thermischen oder auch mechanischen Regelvorgang einzuleiten. Sie bedürfen fast keiner Wartung und lassen sich überall dort verwenden, wo ein Steuer- oder Regelvorgang in Abhängigkeit von Druck, Temperatur, Drehzahl oder Flüssigkeitsstand vorzunehmen ist. Deshalb ist ihr Anwendungsgebiet nahezu unbegrenzt und die automatische und halbautomatische Regeltechnik macht von diesen Kontakt-Meßgeräten heute weitgehend Gebrauch.

Ein Kontakt-Meßgerät besteht im wesentlichen aus zwei Teilen, dem mechanischen Anzeigegerät, also z. B. einem Druckmesser, und der auf diesem Gerät aufgebauten elektrischen Kontaktvorrichtung, wobei der mechanische Teil der antreibende und der elektrische Teil der angetriebene Teil ist. Da die Wirkungsweise der mechanischen Geräte als bekannt vorausgesetzt werden darf, soll im folgenden nur von den elektrischen Teilen, also der Kontaktvorrichtung und dem elektrischen Anschluß bzw. der Einstellvorrichtung die Rede sein.

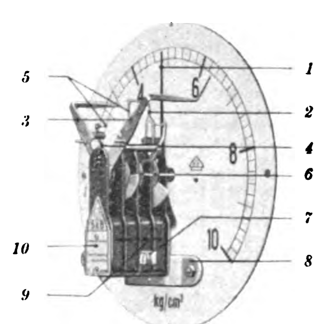
Bild 1a und 1b zeigen Kontaktvorrichtungen, die auf dem Zifferblatt eines Meßgerätes aufgebaut sind und für Spannungen bis 380 V, im Sonderfalle auch bis 500 V, verwendet werden können.

Der Aufbau einer zweifachen Kontaktvorrichtung geht aus dem Bild 1a hervor. Ein mit dem Instrumentenzeiger gekuppelter Kontaktarm (Kupplungsarm) trägt einen Kontaktstift, der bei der Kontaktgabe einen Gegenkontakt berührt, der wiederum an einem Kontaktarm angebracht ist, welcher kraftschlüssig mit dem dazugehörigen Einstellzeiger gekuppelt ist. Alle Teile sind federsatzartig aufgebaut. Die gegen Reibung verstellbaren Einstellzeiger sind von außen, auch während des Betriebes, beliebig auf jede gewünschte Meßgröße einstellbar. Sobald der Instrumentenzeiger diesen eingestellten Wert erreicht hat, wird durch Berührung der Kontaktstifte der Stromkreis geschlossen (Arbeitsstrom-Ausführung). Bei Ruhestrom-Ausführung, bei welcher die Kontakte getrennt werden müssen, hebt die am Instrumentenzeiger angebrachte Isolierhülse die im Regelfall dauernd verbundenen Kontakte voneinander ab. Der erwähnte federsatzartige Aufbau gestattet, in einer Kontaktvorrichtung bis zu vier derartige Kontakte unterzubringen, die sich unabhängig voneinander auf verschiedene Meßwerte einstellen lassen.

Den Bedürfnissen der Praxis entsprechend sind verschiedene Ausführungen der Kontaktvorrichtungen geschaffen worden. Für ortsfeste Anlagen und erschütterungsfreie Betriebe genügt im allgemeinen die Kontaktvorrichtung mit „Schleichschaltung", Bild 1a, so genannt, weil die Kontaktgabe je nach der Zeigergeschwindigkeit mehr oder weniger langsam, gewissermaßen schleichend, erfolgt. Im Gegensatz hierzu zeigt Bild 1b eine Kontaktvorrichtung mit „Magnet-Springschaltung", auch Momentschaltung genannt, bei der die Kontakte sowohl beim Schließen als auch beim Öffnen unabhängig von der Schnelligkeit der Zeigerbewegung ruckartig geschlossen oder geöffnet werden.

Das Wesentliche an dieser Ausführung ist ein kleiner Dauermagnet, der unter dem feststehenden, mit dem Einstellzeiger zwangläufig gekuppelten Gegenkontakt angebracht ist. Die Kontaktarme sind bei dieser Ausführung als Anker ausgebildet und werden, kurz bevor der Instrumentenzeiger den eingestellten Meßwert erreicht, von dem Magneten angezogen, so daß der Kontakt plötzlich geschlossen wird. Durch die Kraft des Magneten wird

A. Kontaktvorrichtung mit Schleichschaltung (DRGM.) für ortsfeste Anlage und erschütterungsfreien Betrieb.

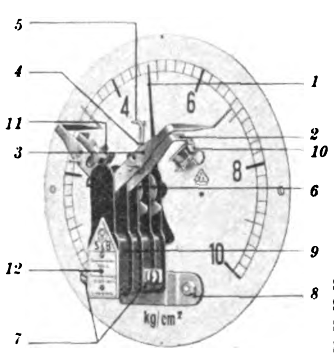


1 Instrumentenzeiger
2 Kuppelungsarm
3 Einstellzeiger
4 Kontaktarme
5 Kontaktstifte
6 Spiralfedern
7 Anschlußklemmen
8 Grundplatte
9 Isolierteile
10 Leistungsschild

Spannung: bis 250 bzw. 380 V
Stromart: Gleich- oder Wechselstrom
Schaltleistung: 10 W bzw. 10 VA
Stromstärke: höchstens 1 A
(Schaltleistung beachten!)

Bild 1a. Zweifache Kontaktvorrichtung mit Schleichschaltung.

B. Kontaktvorrichtung mit Magnetspringschaltung (DRP.) für Fahrzeuge, Anlagen oder Betriebe, in denen die Kontaktinstrumente Erschütterungen ausgesetzt sind (z. B. an Dampfturbinen, Dieselmotoren, Pumpen usw.)



1 Instrumentenzeiger
2 Magnetwinkel mit Magnet und Kontaktbolzen
3 Einstellzeiger
4 Kontaktarme
5 Kontaktstifte
6 Spiralfedern
7 Anschlußklemmen
8 Grundplatte
9 Isolierteile
10 Kontakthalter
11 Dauermagnet
12 Leistungsschild

Spannung: bis 250 bzw. 380 V
Stromart: Gleich- oder Wechselstrom
Schaltleistung: 30 W bzw. 30 VA
Stromstärke: höchstens 1 A
(Schaltleistung beachten!)

Anmerkung: Höhere Schaltleistungen als 10 bzw. 30 VA erfordern die Verwendung eines Schaltschutzes.

Bild 1b. Zweifache Kontaktvorrichtung mit Magnetspringschaltung.



außerdem eine Kontaktunterbrechung bei Erschütterungen verhindert, so daß einer möglichen Lichtbogenbildung und dem Verschmoren der kleinen Kontaktstifte vorgebeugt ist. Außerdem ist der an dem Magneten befindliche Kontakt federnd angeordnet, so daß die durch Erschütterungen hervorgerufenen Schwingungen der Kontaktteile ausgeglichen werden und kein periodisches Abheben der Kontaktflächen bewirken.

Die Kontakte sind derartig angeordnet, daß die Kontaktflächen beim Einspringen in die Einschaltstellung sich bereits vor Erreichen ihrer Endstellung federnd berühren und die Einschaltstellung somit unter Spannen der Abfederung erreicht wird. Die Kontakttrennung erfolgt, sobald der Instrumentenzeiger beim Rückgang den eingestellten Wert wieder unterschreitet. In diesem Punkte wird von der am Instrumentenzeiger befindlichen Isolierhülse eine kleine Kupplungsfeder soweit durchgebogen, daß der entstehende Zug am Anker (Kontaktarm) die um die Kraft dieser Feder verminderte Anziehung des Magneten überwiegt und der Anker und damit der Kontakt plötzlich abreißt und infolge der Gesamtfederung von Meßwerk und Kupplungsfeder aus dem Anziehungsbereich des Magneten herausgedreht wird.

Bei der Magnetspringschaltung liegen die Kontakte infolge der zusätzlichen Magnetkraft mit größerem Druck aufeinander, als dies sonst der Fall ist, so daß dieser Kontaktvorrichtung eine größere Schaltleistung zugemutet werden kann. Im Gegensatz zu der Ausführung mit Schleichschaltung, bei der als Maximum eine Leistung von 10 VA erreicht wird, beträgt bei der Ausführung mit Magnet-Springschaltung die Leistung bis 30 VA.

Beide Ausführungen werden sowohl mit Schließkontakten (Arbeitsstrom), als auch mit Trennkontakten (Ruhestrom) ausgeführt. Die eingangs erwähnte Zahl von vier Kontakten ist jedoch nur bei Schleichschaltung ausführbar, während bei der Magnet-Springschaltung die Kontaktzahl auf drei begrenzt ist. Die Verwendung von zweifachen Kontaktvorrichtungen, mit Oberwert- und Unterwertkontakten, kommt vor allem für alle Fälle von Grenzbereichregelungen in Betracht.

Die von den Kontakten übertragenen Leistungen sind — wie bereits gesagt — mit 10 VA für Schleichschaltung und 30 VA für Magnet-Springschaltung nach oben begrenzt. Höhere Schaltleistungen sind nicht möglich, da die Kontaktdrücke verhältnismäßig klein sind und bei der Schleichschaltung etwa 0,3 bis 0,5 g, bei der Magnet-Springschaltung 1 bis 1,6 g betragen. Die Schaltarbeit bei diesen Geräten muß vom Instrumentenzeiger geleistet werden, und da das Zeiger-Drehmoment nicht gestattet mit höheren Kontaktdrücken zu arbeiten, ohne die Anzeigegenauigkeit des Meßgerätes ungünstig zu beeinflussen, kann keine größere elektrische Leistung übertragen werden. Wird eine solche jedoch benötigt, z. B. zum Schalten von Magnet- oder Motorenventilen, Reglern, Pumpen usw., so ist die Verwendung eines Schaltschützes erforderlich.

Bild 2 zeigt einen Kontakt-Druckmesser normaler Ausführung mit zweifacher elektrischer Kontaktvorrichtung für trockene Innenräume. Alle spannungführenden Teile liegen unter der Glasscheibe und sind daher gegen zufällige Berührung gesichert. Auf der Glasscheibe der Geräte ist nur das für die Einstellung der Kontaktarme notwendige Verstellschloß angebracht. Um Unbefugten eine Änderung der Einstellung unmöglich zu machen, erfolgt dieselbe durch einen abnehmbaren Verstellschlüssel. Die Einstellzeiger selbst sind stromlos, so daß keine Gefahr eines Erdschlusses beim Einstellen besteht. Bei der zweifachen Kontaktvorrichtung können die Einstellzeiger bis auf 0 Winkelgrade zusammengestellt werden, so daß eine Regelung in kleinsten Grenzen zwischen Oberwert und Unterwert möglich ist.

Neben diesen Geräten für trockene Innenräume sind besondere Geräte geschaffen für feuchte Räume, für die Aufstellung im Freien, die sog. Freiluftausführung, und die schlagwetter- und explosionsgeschützten Geräte für



Bild 2. Druckmesser mit zweifacher Kontaktvorrichtung für Schleichschaltung und Kabelstopfbuchsverschraubung (bis 250 V).



Bild 3. Kontakt-Druckmesser in schlagwetter- und explosionsgeschützter Ausführung (Vorderseite), zulässig für Spannungen bis 380 V.

schlagwettergefährdete Grubenbetriebe und explosionsgefährdete Anlagen.

Druck- und spritzwassersichere Geräte für feuchte Räume haben statt eines Übersteckringes einen wasserdicht abschließenden Druckring, der das Gerät hermetisch abschließt.

Bei den schlagwetter- und explosionsgeschützten Kontaktgeräten sind neben den allgemeinen VDE-Vorschriften auch die VDE 0170 und VDE 0171 voll erfüllt. Die Geräte sind von der Berggewerkschaftlichen Versuchsstrecke Dortmund—Derne auf Schlagwetterschutz und von der Chemisch-Technischen Reichsanstalt, Berlin, auf Explosionsschutz geprüft und für gut befunden (Bild 3).

Die Kontaktvorrichtung als der Teil, an dem betriebsmäßig Funken auftreten, ist nicht, wie bei den übrigen Ausführungen, auf dem Zifferblatt aufgebaut, sondern befindet sich in einer druckfesten Kammer, die rückseitig am Instrument angegossen und mit einem massiven Deckel verschlossen ist. Die Betätigung der Kontakte erfolgt durch die rückseitig bis in die druckfeste Kammer verlängerte Zeigerwelle des Meßgerätes.

Die Einstellvorrichtung mußte auf die Rückseite des Instrumentes verlegt werden, da die druckfeste Kammer mit der Kontaktvorrichtung rückseitig am Meßgerät angebracht ist. Um die Einstellung genau vornehmen zu können, befindet sich auf dem Deckel eine Hilfsskala mit Einstellzeigern, die wiederum über ein Verstellschloß durch den abnehmbaren Verstellschlüssel auf den gewünschten Meßwert eingestellt werden können.

Der rechts seitlich am Gehäuse angegossene Kabelkasten mit Kabelverschraubung gestattet in einfacher Weise die elektrische Verbindung herzustellen.

Gemäß der Schlagwetterschutz-Vorschrift ist die Verschlußschraubmuffe der Kabelverschraubung trompetenartig ausgebildet. Sowohl der Deckel für die druckfeste Kammer als auch der Deckel für den Kabelkasten sind mit Dreikantschrauben versehen, die versenkt angeordnet sind, so daß sie nur mit besonderem Steckschlüssel geöffnet werden können.

Ein Warnungsschild weist auf die Explosionsgefahr genügend hin. Die Abdeckscheiben sowohl der Vorderseite als auch über der Einstellskala werden aus bruchfestem und splitterfreiem Sicherheitsglas geliefert.

Die Verschiedenartigkeit und hochwertige Ausführung der vorbeschriebenen Kontaktvorrichtungen und Kontakt-Meßgeräte ermöglicht es, sie auch dort einzusetzen, wo derartige Meßgeräte bisher aus irgendwelchen Gründen nicht verwendbar waren oder den Anforderungen nicht genügten.

Kontakt-Druckmesser werden zur Überwachung und selbsttätigen Steuerung von Kompressoren, Gaserzeugungsanlagen, Pumpen, Wasserwerksanlagen u. dgl.,

ferner für hydraulische Pressen und Akkumulatoren eingesetzt. Sie dienen ebenso zur Überwachung des Dampfdruckes oder der Kesselspeisung des Druckes von Autoklaven oder anderen Druckgefäßen und Apparaten der chemischen Industrie, wie zur Sicherung des Kühlwasserumlaufs und des Schmieröldrucks großer Maschinen, schließlich zur Betätigung von Preßluftsteuerungen, hydraulischen Spannvorrichtungen und ähnlichen Anlagen.

Neben der Temperaturüberwachung in Verbindung mit elektrischen Signaleinrichtungen ist die Temperaturregelung von Öfen und Heizanlagen ein wichtiges Anwendungsgebiet. Wir finden daher Kontaktthermometer an Glüh- und Härteöfen, Schmelzöfen, Anwärm- und Trocknungsanlagen usw., soweit die Temperatur 625 °C nicht überschreitet. Sie werden ferner gebraucht zur Kontrolle der Dampf- oder Speisewassertemperaturen, der Temperatur an Heiz- und Kochanlagen, der Öltemperatur von Öltransformatoren, der Lagertemperaturen großer Maschinen usw.

Schließlich werden noch Kontakttachometer zur Überwachung der Drehzahl von Maschinen oder Apparaten und Schwimmeranzeiger mit Kontaktvorrichtung zur Kontrolle und Regelung des Flüssigkeitstandes in Behältern u. dgl. gebaut.

Diese Beispiele zeigen bereits, daß es sich um ein sehr vielseitiges Gerät handelt, daß ein unentbehrlicher Bestandteil unserer heutigen, hochentwickelten Regeltechnik geworden ist.

Präzisionswiderstände und Präzisionsmeßbrücken

Von Herbert Lange, Berlin

DK 621.317.732/.733

Der Präzisionswiderstand ist ein Grundbaustein der elektrischen Meßtechnik. Er ist als regelbarer Feinmeßwiderstand in vielen Meßschaltungen zu finden. Die Anforderungen, die an einen solchen Widerstand gestellt werden, sind sehr vielseitig. Außer einer hohen Abgleichgenauigkeit wird möglichst geringe Veränderung der Abgleichwerte bei den üblichen Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsschwankungen verlangt. Auch nach längerem Gebrauch sollen weder Alterungs- noch Abnutzungsfehler auftreten. Verwendbarkeit für Gleich- und Wechselstrom, also geringe Induktivität und Kapazität der Widerstände ist anzustreben. Dazu wird handliche Bedienbarkeit bei neuzeitlicher Formgebung gefordert.

Bild 1. Zerlegter Stöpselwiderstand.

Zur genauen Messung von ohmschen Widerständen werden meist Brückenschaltungen nach Wheatstone oder Thomson benutzt, die regelbare Feinmeßwiderstände als wesentliche Bauteile enthalten. In Prüfräumen und Laboratorien, die sehr häufig und regelmäßig Widerstandsmessungen durchführen, werden vorteilhaft fertiggeschaltete Meßbrücken verwendet, in die die Präzisionswiderstände eingebaut sind; die übrigen Schaltelemente werden in bequemer Weise außen angeschlossen.

Von der AEG sind für diese meßtechnischen Zwecke Präzisionswiderstände und fertiggeschaltete Präzisionsmeßbrücken entwickelt worden.

Präzisionswiderstände

Die Präzisionswiderstände sind als Stöpsel- und als Kurbelwiderstände mit Dekadenschaltung gebaut. Als Widerstandsmaterial ist Manganin gewählt worden, da Manganin einen sehr kleinen Temperaturkoeffizienten hat und nach geeigneter Vorbehandlung zeitlich sehr wenig veränderlich ist. Die Widerstände sind aus Draht oder Band unter Beachtung der von Wagner[1]) angegebenen Erfahrungen mit verschwindender Zeitkonstante auf Steatitkörper zu Spulen mit den Widerstandswerten 0,1 bis 10 000 Ω gewickelt und nach den Beglaubigungsvorschriften der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt mehrmals bei 140 °C gealtert[2]). Jede Widerstandsdekade ist aus 9 bzw. 10 oder 11 solchen jeweils gleichen Spulen zusammengesetzt. Die Widerstandsspulen von 10 Ω und darüber sind auf mindestens ± 0,02 % vom Sollwert, diejenigen unter 10 Ω auf mindestens ± 0,1 % in internationalen Ohm abgeglichen. Die zulässige Belastung beträgt 1 W je Spule.

Die Stöpselwiderstände enthalten nur eine Dekade (Bild 1), während die Kurbelwiderstände mit 3, 4, 5 oder 6 Dekaden ausgerüstet sind (Bild 2). Außerdem wird noch ein Brückenzweigwiderstand in Stöpselschaltung mit zwei gleichen Widerstandsreihen zu je 1 – 10 – 100 – 1000 – 10 000 Ω gebaut (Bild 3), der in laboratoriumsmäßig zusammengestellten Brückenschaltungen zur bequemen Veränderung des Brückenverhältnisses zwischen

1) K. W. Wagner, ETZ 34 (1913) S. 613 u. 649.
2) K. Glaser u. W. Last, AEG-Mitt. (1940) S. 195; K. Glaser u. G. Johannsen, AEG-Mitt. (1940) S. 204.

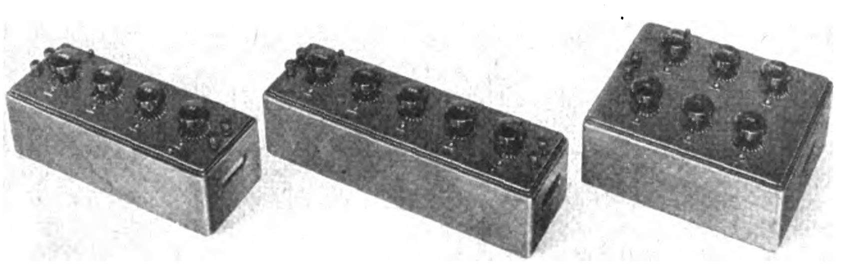


Bild 2. Kurbelwiderstand mit vier, fünf und sechs Dekaden.



Bild 3. Brückenzweigwiderstand.

0,0001 und 10 000 dient. Die Widerstandsspulen des Verzweigungswiderstandes sind so ausgewählt, daß sowohl das Widerstandsverhältnis als auch die einzelnen Widerstandswerte höchstens um ± 0,02 % vom Sollwert abweichen.

Die Stöpselschalter der Stöpselwiderstände sind in neuartiger Weise als Stöpselleisten ausgebildet und ermöglichen neben einer Werkstoffersparnis unmittelbaren Anschluß der Widerstandsspulen an die Kontaktklötze; außerdem ist der Schalterübergangswiderstand, der höchstens $0,5 \times 10^{-4}\,\Omega$ beträgt, völlig unabhängig von der Bedienung benachbarter Stöpselschalter. Jedes Kontaktstück ist mit einer Bohrung für Potentialstöpsel versehen. Die Leisten, die gleichzeitig die Wiederstandsspulen tragen, sind an Hartgummiplatten befestigt und in Kästen aus Nußbaumholz eingebaut (Bild 1). Eine mit entsprechenden Löchern für die Betätigung der Schalter versehene Deckplatte schützt Stöpselkontakte und Hartgummiplatte vor Licht und Staub. Nach dem Abheben der Deckplatte sind zwei Potentialstöpsel zugänglich, die jedem Gerät mitgegeben werden.

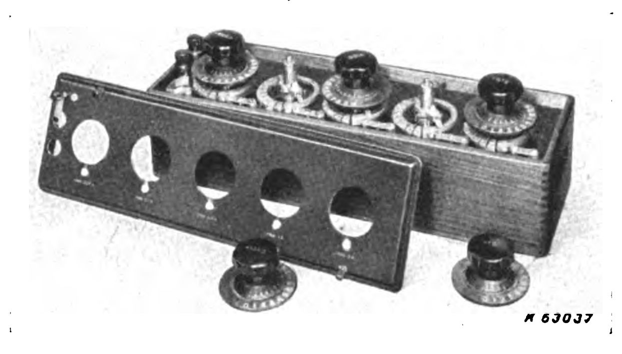


Bild 4. Fünfdekaden-Kurbelwiderstand mit abgenommener Deckplatte.

Die Kurbelschalter der Kurbelwiderstände sind mit den Widerstandsspulen je einer Dekade zusammen auf Hartgummiplatten montiert und werden baukastenmäßig zu Mehrdekadenwiderständen in Nußbaumkästen zusammengesetzt (Bild 4). Die Drehknöpfe der Schalter sind leicht abziehbar; da sie auf der Drehachse aufsitzen und die Brücke mit den Schleiffedern nur mitnehmen, werden alle senkrecht oder seitlich auf den Knopf ausgeübten Kräfte von der Achse aufgenommen und können den Kontaktdruck in keiner Weise beeinflussen. Der Schalterübergangswiderstand beträgt etwa $2 \times 10^{-4}\,\Omega$ und verändert sich auch nach häufigem Schalten nur unwesentlich, wie eine Dauerprüfung mit 180 000 Schaltungen ergeben hat. Die Kontaktsegmente haben ebenfalls Bohrungen für Potentialstöpsel. Zum Schutz der Kontaktbahnen und Hartgummiplatten gegen Licht und Staub sind die Kurbelwiderstände mit einer leicht abnehmbaren Deckplatte versehen (Bild 4). Der jeweils eingestellte Widerstandswert wird an Zahlen abgelesen, die in sinngemäßer Reihenfolge in Schaulöchern der Deckplatte erscheinen. Nach dem Abheben des Deckels sind die Kontaktbahnen der Säuberung und Pflege zugänglich (Bild 4); mit Hilfe der beiden jedem Gerät mitgegebenen Potentialstöpsel können einzelne Widerstandsspulen nachgemessen werden. Die Verbindungslaschen der einzelnen Dekaden sind mit Klemmen versehen, die beispielsweise eine Benutzung als Spannungsteiler ermöglichen. Für Wechselstrommessungen können die Widerstände zur Festlegung der Erdkapazität abgeschirmt geliefert werden.

Präzisionsmeßbrücken

Die fertiggeschalteten Meßbrücken enthalten im wesentlichen die gleichen Bauelemente — Widerstandsspulen und Schalter — wie die Widerstände. Sie werden in Wheatstoneschaltung als Kurbel- und als Stöpselmeßbrücken[3]), in Thomsonschaltung als Doppelkurbelmeßbrücke[4]) hergestellt.

Die Kurbelmeßbrücken haben als Vergleichswiderstände 4, 5 oder 6 Kurbeldekaden (Bild 5). Die Verzweigungswiderstände sind aus jeweils zwei gleichen Widerstandsreihen mit vier oder fünf dekadischen Stufen gebildet und werden mit Stöpseln geschaltet. Die Stöpselmeßbrücke (Bild 6) enthält als Vergleichswiderstand fünf Dekaden mit Stöpselschaltern in Sparschaltung. Jede dieser Brücken ist mit zwei normalen Klemmenpaaren für den Anschluß von Nullmeßgerät und Stromquelle versehen, außerdem mit einem Paar Klemmen besonderer Bauart für den Anschluß des Prüflings. Diese

[3]) K. Glaser u. G. Johannsen, AEG-Mitt. (1940) S. 204.
[4]) G. Johannsen, AEG-Mitt. (1940) S. 209.



Bild 5. Fünfdekaden-Kurbelmeßbrücke

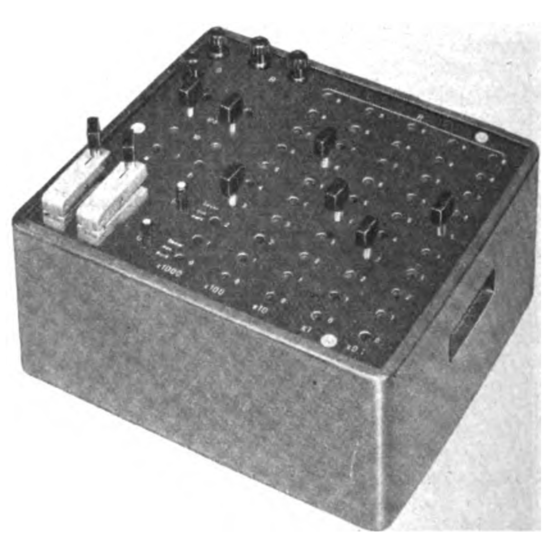


Bild 6. Fünfdekaden-Stöpselmeßbrücke.

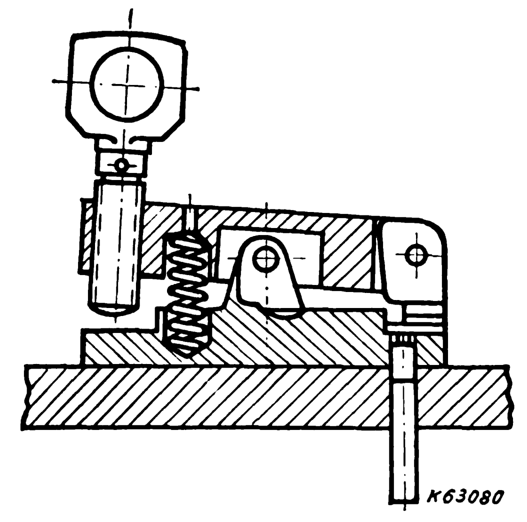


Bild 7. Schnittzeichnung einer selbstspannenden Hebelklemme.



Bild 8. Thomsonmeßbrücke

Klemmen sind als selbstspannende Hebelklemmen ausgebildet (Bild 7). Das eine Ende des Hebels trägt das Kontaktstück, während eine am anderen Hebelarm angreifende kräftige Feder den Kontaktdruck bewirkt. Dadurch ist ein sehr rasches und bequemes Einspannen der Enden höherohmiger Widerstände durch eine einfache Hebelbewegung möglich. Für Reihenmessungen ist dies besonders angenehm. Der Kontaktdruck kann bei der Messung niederohmiger Widerstände durch Anziehen einer Schraube verstärkt werden. Zwei Kippschalter zum Abschalten von Stromquelle und Nullmeßgerät sind mit Vorkontakten und Vorwiderständen versehen, um schädigende Stromstöße vom Nullmeßgerät fernzuhalten.

Die Thomsonmeßbrücke (Bild 8) ist vor allem zur Messung sehr kleiner Widerstandswerte geeignet. Sie enthält zwei gleiche Reihen von je vier Dekaden, die durch Doppelkurbelschalter gleichzeitig um die gleichen Beträge geändert werden, außerdem zwei gleiche Widerstandsreihen zu je fünf Stufen, die durch Stöpsel um gleiche Stufen geändert werden müssen. Als Vergleichswiderstände sind Normalwiderstände zu verwenden, die außen an die dafür vorgesehenen Klemmen angeschlossen werden. Weiter ist je ein Paar Klemmen für den Anschluß von Prüfling und Nullmeßgerät vorgesehen. Im Galvanometerkreis liegt ein Kippschalter.

Die Brücken sind ähnlich wie die Widerstände mit einer leicht abnehmbaren Deckplatte als Licht- und Staubschutz versehen, so daß die Kontakte und Verbindungslaschen leicht zugänglich sind. Nach Abnahme des Deckels sind beispielsweise die Vergleichswiderstände der Kurbelmeßbrücken als normale Kurbelwiderstände verwendbar. Die Meßbereiche der Kurbelmeßbrücken und der Stöpselmeßbrücke liegen zwischen 1 und $10^6\,\Omega$ bei einer mittleren Meßgenauigkeit von etwa $\pm 0{,}03\,\%$. Bei verminderten Genauigkeitsansprüchen lassen sich auch Widerstandswerte außerhalb dieser Bereiche messen. Die Thomsonmeßbrücke umfaßt bei Verwendung von Normalwiderständen von 0,001, 0,01, 0,1 und $1\,\Omega$ einen Meßbereich von 10^{-4} bis $10^3\,\Omega$ mit einer mittleren Meßgenauigkeit von $\pm 0{,}03\,\%$, wenn alle vier Doppeldekaden zur Messung benutzt werden.

Die Meßbrücken können ebenso wie die Präzisionswiderstände von der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt beglaubigt werden.

Elektrische Öfen zum Anwärmen kleinerer Leichtmetallpreßteile

Von F. Gademann VDE, Berlin

DK 621.365.4

Von den vielfältigen Anwendungen des elektrisch beheizten Ofens bei der Verarbeitung der Leichtmetalle hat in letzter Zeit das Anwärmen von Preßteilen besondere Bedeutung erlangt. Auch auf diesem Gebiet haben sich, wie beim Schmelzen, Glühen und Vergüten des Leichtmetalls, die bekannten, von keiner anderen Beheizungsart erreichten Vorteile des Elektroofens — Regelbarkeit und Temperaturgenauigkeit — durchgesetzt.

Man ist nach den Erfahrungen mit Schwermetall leicht zu der Annahme geneigt, daß beim Pressen die Temperaturgenauigkeit keine große Rolle spielt. Beim Leichtmetall aber ist für eine wirtschaftliche Durchführung des Preßbetriebes, d. h. beste Ausnutzung der Presse, größtmögliche Schonung der Gesenke und Stempel, einwandfreie Qualität des Erzeugnisses, eine möglichst genaue Einhaltung der Temperatur des Rohlings unerläßlich, dies um so mehr, da das Aussehen des Leichtmetalls kaum Rückschlüsse auf den Temperaturzustand zuläßt, und der Bedienungsmann sich ohne weitere Nachprüfung darauf verlassen muß, daß das Werkstück mit der richtigen Temperatur aus dem Ofen entnommen und in die Presse eingesetzt wird. Es liegt auf der Hand, daß auch hier der elektrisch beheizte, automatisch geregelte Ofen am zuverlässigsten ist.

Es sind im Laufe der Zeit eine ganze Reihe von Ofentypen entwickelt worden, die mit Rücksicht darauf, daß der bei den in Betracht kommenden Temperaturen ohnehin schon geringe Anteil der Strahlung an der Wärmeübertragung infolge der kleinen Strahlungszahl der Leichtmetalle besonders niedrig ist, fast alle zur Erzielung eines schnellstmöglichen Wärmeübergangs auf das Glühgut mit zwangsläufiger Luftumwälzung arbeiten. Beim Pressen von Kleinteilen handelt es sich immer um eine Reihenfertigung, bei der in einem gewissen Takt die

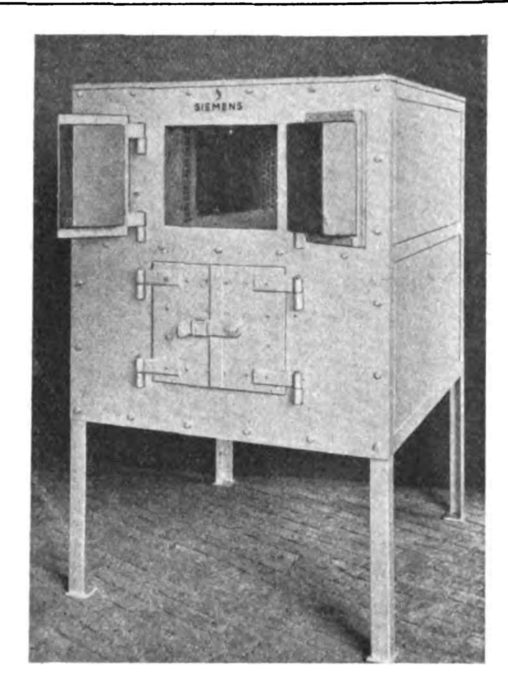
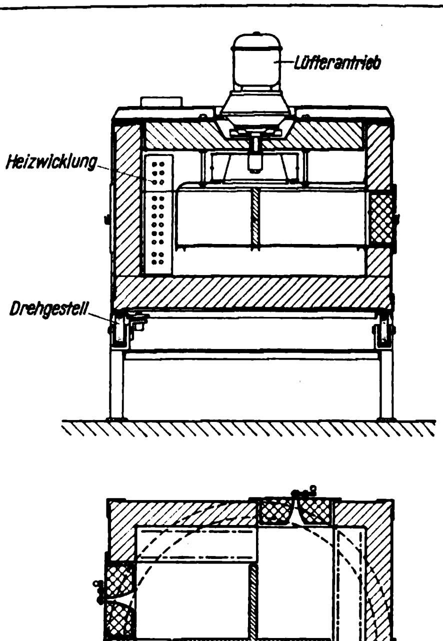


Bild 1. Umluftdoppelkammerofen 2 × 25 kW.



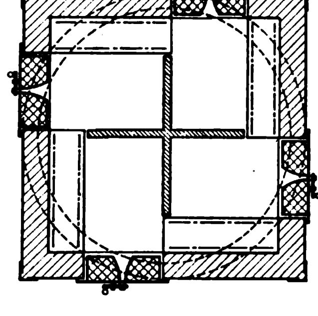


Bild 2. Vierkammerofen mit Luftumwälzung 40 kW

Werkstücke der Presse zugeführt werden. Infolgedessen müssen die Anwärmeöfen eine fortlaufende Entnahme der erwärmten Rohlinge gestatten.

Doppelkammerofen

Eine einfache und viel benutzte Ofenform, die diese Forderung gut erfüllt, ist der Doppelkammerofen. Wie der Name schon sagt, hat der Ofen zwei Kammern, in die kleinere Preßteile in loser Schüttung und größere einzeln auf etagenförmig angeordneten Blechhorden eingesetzt werden. Während aus der einen Kammer gearbeitet wird, erfolgt in der anderen die Erwärmung, und umgekehrt. Der Aufbau eines derartigen Ofens geht aus Bild 1 hervor. Beide Kammern erhalten je einen in die Rückwand eingebauten Umlaufventilator, der die Luft aus dem Ofeninnern ansaugt, sie an den Heizwicklungen, die an den Seitenwänden, durch Blechverkleidungen vom Nutzraum vollständig getrennt, angebracht sind, vorbeidrückt und sie von vorn wieder in die Kammer fördert. Die Umlenkung der Luft am Türhals ist so ausgeführt, daß auch bei geöffneter Tür keine nennenswerten zusätzlichen Wärmeverluste auftreten.

Bild 3. Trommelofen mit Luftumwälzung, 30 kW.

Vierkammerofen

Eine noch bessere Anpassung an den fortlaufenden Pressebetrieb erlaubt der Vierkammerofen, der zum besseren Verständnis im Schnittbild (Bild 2) gezeigt ist. Bei diesem Ofen stehen gleichzeitig drei Kammern für die Erwärmung zur Verfügung, während der vierten bereits erwärmte Teile zum Verpressen entnommen werden. Die vier Kammern liegen in einer Ebene derart, daß sich an jeder der vier Seiten des Ofens eine Kammertür befindet. Damit jeweils diejenige Kammer, aus der gearbeitet wird, der Presse zugewandt steht, ist der ganze Ofen um seine senkrechte Mittelachse drehbar. Ein gemeinsamer Lüfter saugt die Luft aus den Kammern an und drückt sie an vier den einzelnen Kammern zugeordneten Heizregistern vorbei durch perforierte Bleche wieder in diese hinein.

Trommelofen

Vollständig kontinuierlich arbeitet die in Bild 3 im Prinzip dargestellte neue Ofentype. Mit diesem sogenannten Trommelofen ist ein vollautomatischer Betrieb möglich, indem in einstellbaren Zeitabständen ein erwärmter Rohling ausgeworfen und damit das Arbeitstempo an der Presse vorgeschrieben wird. Das im Schnitt *A—B* links ersichtliche, aufklappbare Magazin wird mit Rundbolzen gefüllt, die in Reihen hintereinander und übereinander liegen. Mittels einer durch Kurbeltrieb betätigten Hubvorrichtung wird die unterste Bolzenreihe angehoben und in eine von den 36 Zellen, die am äußeren Umfang einer um ihre Längsachse drehbaren Trommel fächerartig angebracht sind, befördert. Die Bolzenreihe durchwandert in ihrer Zelle entsprechend der Drehung der



Trommel den Ofen, wobei sie durch einen Heißluftstrom erwärmt wird. Die Anordnung des Ventilators und der Heizeinrichtung geht aus dem Schnitt *C—D* hervor. Wieder in der untersten Stellung angekommen, fällt die Bolzenreihe durch einen trichterförmigen Schacht auf ein sich parallel zur Längsachse der Trommel bewegendes Förderband, das die Bolzen der Reihe nach einzeln zur Entnahme befördert, so daß in gleichmäßigen Zeitabständen ein erwärmtes Stück zur Verfügung steht. Die Umdrehungsgeschwindigkeiten der Trommel, des Förderbandes und der Hubvorrichtung sind aufeinander abgestimmt. Zur Verwendung gelangt ein stufenlos regelbarer Antrieb, wodurch je nach der erforderlichen Erwärmungszeit des Glühgutes die Durchsatzgeschwindigkeit eingestellt werden kann.

Vielfach werden für kontinuierlichen Betrieb auch Paternoster- und Drehherdöfen benutzt, die in diesem Zusammenhang lediglich erwähnt seien. Allgemein kann festgestellt werden, daß der elektrisch geheizte Ofen die immer größeren Umfang annehmende Verwendung von Warmpreßteilen aus Leichtmetall gefördert und erleichtert hat.

Neuzeitliche Lautsprecheranlagen

Von G. Duvigneau, Berlin

DK 621.395.623.8

Wir haben uns in sehr kurzer Zeit an die Zweckdienlichkeit und Notwendigkeit elektroakustischer Anlagen so sehr gewöhnt, daß wir das Entwicklungstempo, den Siegeszug, den die Lautsprecheranlage durchführte, kaum zum Bewußtsein bekommen haben. Sie hat sich in wenigen Jahren eine so große Zahl von Arbeitsgebieten erobert, daß es heute, wo wir sie als fertiges Instrument verwenden, einmal notwendig ist, ihr Werden und ihre Bedeutung zu betrachten.

Die Lautsprecheranlage, wenn wir vom lautsprechenden Telephon der Jahre vor 1900 absehen, kann ohne weiteres als ein Kind des Rundfunks bezeichnet werden. Erst mit dem Auftreten des Rundfunks, der sehr bald Geräte mit Lautsprechern forderte, wurde auch die Entwicklung guter Lautsprecher dringlich. Erst mit Auftreten des Rundfunks wurde das Mikrophon, als wichtigstes erstes technisches Organ in seinem Dienste, von besonderer Bedeutung. Erst mit dem Auftreten des Rundfunks wurde die Weiterentwicklung auf dem Gebiete der Verstärkertechnik im Hinblick auf möglichste Verzerrungsfreiheit wichtig. Mikrophon, Verstärker und Lautsprecher sind, abgesehen von den zahlreichen sonstigen nicht unwesentlichen Einzelteilen, die Hauptglieder der Lautsprecheranlage. Während in den ersten Jahren der Entwicklung die kleinen Lautsprecher und die einfachen Mikrophontypen im Vordergrund standen, wurden sehr bald höhere Forderungen gestellt. Mit der Einführung von Übertragungen im Freien wurden auch Lautsprecher größerer Leistung erforderlich, das gleiche galt für die Schallversorgung größerer Räume. Ebenso steigerten sich die Anforderungen an das Mikrophon, da die Übertragungen den kleinen Rahmen des Senderaumes sehr bald sprengten. Wenn in jener Zeit zu irgendwelchen Zwecken Lautsprecher errichtet werden sollten, so blieb die Frage immer beschränkt auf die Zahlen der einzusetzenden Mikrophone, Verstärker oder Lautsprecher. Die Beschaffung der einzelnen Geräte — nennen wir sie Bausteine — war dann jeweils Einzelanschaffung. Erst seit 1933 tritt die Lautsprecheranlage als großes Ganzes augenfällig für den Laien in den Vordergrund. Die Großübertragungen mit den Telefunkenanlagen auf dem Tempelhofer Feld, im Lustgarten, auf dem Bückeberg usw. stellten dem Elektroakustiker große Probleme, die er bei der Wichtigkeit solcher Veranstaltungen sofort zur Zufriedenheit zu lösen hatte. Diese Jahre der Entwicklung brachten darum auch eine große Zahl von Neukonstruktionen, von denen u. a. der Telefunken-Pilz- und der -Ampel-Lautsprecher für Massenveranstaltungen bekannt wurden. Da sich der Sport auch sehr schnell dieses neuen technischen Mittels für seine Zwecke bediente — man denke nur an die Olympiade von 1936 —, so wurde auch von dieser Seite die Entwicklung durch neue Anregungen beeinflußt. Der Löschstrahler auf den Rängen des Berliner Stadions ermöglichte einwandfreie akustische Übertragung unter Ausschaltung aller unliebsamen Echoerscheinungen. Der Telefunken-Bodenlautsprecher ließ das technische Gerät, wie sein Name sagt, im Erdboden verschwinden und wurde ein Helfer, ohne den große gymnastische Vorführungen, wie etwa zum Reichssportfest in Breslau, undenkbar wären.

Man könnte aus dem Verkehrswesen, von Theater und Film her und aus vielen anderen Gebieten Beispiele anführen, wie die Entwicklung der Lautsprecher maßgeblich beeinflußt wurde. Ebenso soll nur kurz erwähnt werden, daß der Weg zu den Mikrophonen, die mit verschie-

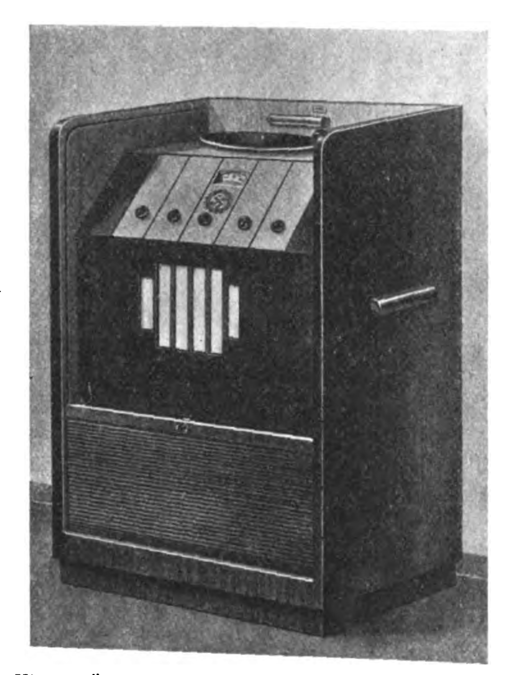


Bild 1. Kleiner Übertragungsschrank. Dieser Schrank in Eichenholz mit Rolljalousie ist eine kleine Zentrale, etwa die kleinste, die mit dem Arbeitsfront-Empfänger DAF 1011 zusammengestellt werden kann. Sie enthält außer diesem einen Plattenspieler und den Anschluß für Kammer-Mikrophon, so daß außer Rundfunk auch Schallplattenmusik und direkte Übertragungen möglich sind. Im unteren Teil ist Raum zur Aufnahme von Schallplatten. Ein bis zwei normale Lautsprecher können von dieser kleinen Gemeinschafts-Empfangsanlage bedient werden.

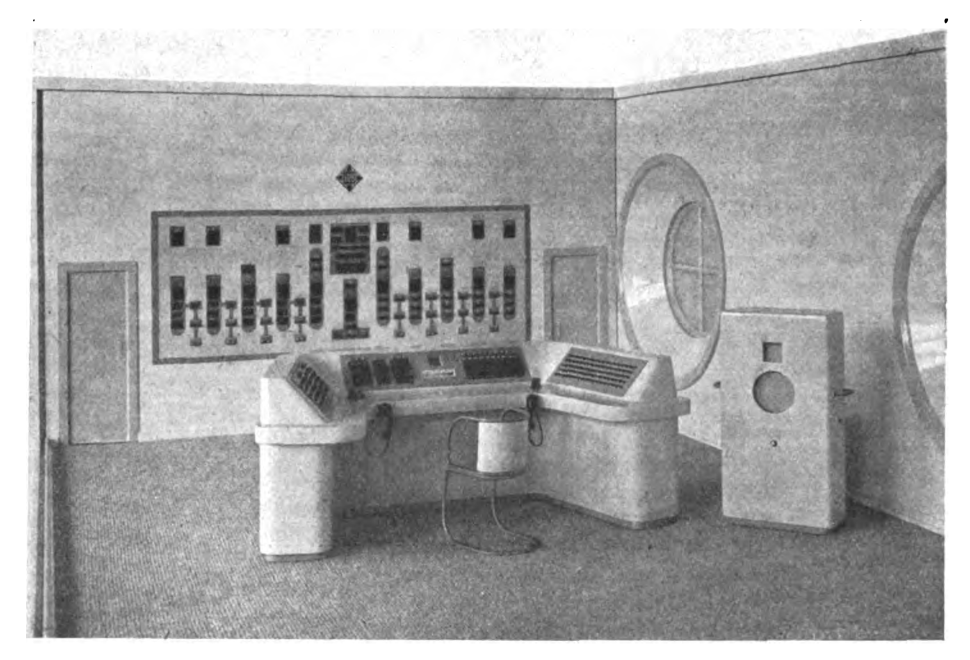


Bild 2. Modell der Hauptzentrale des K. d. F.-Seebades Rügen. Regieraum der Hauptzentrale mit Regietisch und Leuchtbedienungsbild im Maßstab 1:5. Rechts der bewegliche Kontrollautsprecher.

dener Richtcharakteristik arbeiten, durch die Aufnahmebedingungen vorgezeichnet wurde, die dem Elektroakustiker immer neue Aufgaben stellten. Einmal sollte das Mikrophon nur die Stimme des Sprechers, ein anderes Mal nur die Klänge einer Kapelle aufnehmen. Die Aufstellung im Freien und im Raume verlangte vom Mikrophon besondere Vielseitigkeit. Dies alles führte zu den verschiedenen Mikrophontypen, die wir heute kennen.

Hinzu kommt, daß mit der weiteren Verbreitung des Rundfunks, der schließlich das ganze Volk erfaßte, das Ohr der Hörer ungemein geschult wurde. Die erforderliche Übertragungsgüte stellte immer höhere Ansprüche an die Leistung der Lautsprecheranlagen, an ihre Klangtreue und Silbenverständlichkeit. Der heutige Stand der Entwicklung hat diese Probleme zum größten Teil meisterlich erfaßt und überwunden. Die Frage lautet heute nicht mehr wieviel Mikrophone, welche Verstärker, wieviel Lautsprecher. Die Beschaffung richtet sich nicht mehr nach den Einzelteilen, den Bausteinen; heute wird das gesamte Gebäude der Lautsprecheranlage von vornherein geplant, vom Auftraggeber bestellt und vom Hersteller errichtet. So selbstverständlich es ist, daß auch an der Entwicklung der Einzelgeräte weiter gearbeitet wird, ebenso selbstverständlich ist heute die Entwicklung der Lautsprecheranlage als geschlossenes Ganzes. Jede Lautsprecheranlage muß den besonderen Zwecken ihres Aufstellungsortes in jeder Hinsicht mit allen dazugehörigen Sondergeräten angepaßt sein. Während nun bereits für die kleineren Lautsprecheranlagen fertige Zentralen, Bild 1, die in ihrer Bestückung mit Einzelgeräten festgelegt sind, im Laufe der letzten Jahre durchgebildet wurden, hat es sich für die sehr häufig angeforderten Großanlagen als zweckmäßig erwiesen, einen anderen Weg zu beschreiten, der dem Umfange und den Möglichkeiten der Ausgestaltung der Lautsprecheranlagen mehr Spielraum läßt. Für solche Großanlagen werden eigens genormte Gestelle zu Bedienungsfronten zusammengestellt, in die nun je nach dem Bedarf der Großanlage alle notwendigen Einzelgeräte der Zentrale eingebaut werden. Meist wird auch diese Gestellfront gar nicht als Bedienungsfront ausgebildet, sondern die gesamte Bedienung wird von einem Pult aus betätigt. So ist es möglich, daß eine Person die gesamte Schalt- und Regelarbeit durchführen kann und an Hand von Leuchtzeichen auf seinem Bedienungspult den Stand der Anlage in jedem Fall kontrolliert, Bild 2.

Da also die Lautsprecheranlage für den Spezialzweck an ihrem Aufstellungsort ausgebildet wird, so ist es praktisch unmöglich, ein Schema aufzustellen, in das wir alle Anlagen eingliedern könnten. Jedes Arbeitsgebiet, das von den Lautsprecheranlagen erobert wurde, hat andere Grundbedingungen und verschiedenste Sonderwünsche. Dementsprechend wechselt auch das Bild, das uns die Lautsprecheranlagen bieten. Wir wollen nur einige Arbeitsgebiete nennen. Im Dienste der Volksführung werden zum Zwecke des Gemeinschaftsempfanges bei Aufmärschen und Kundgebungen im Freien und in geschlossenen Räumen Lautsprecheranlagen eingerichtet. Hier gibt es bereits die Unterschiede, ob sie eine einmalige Aufgabe erfüllen, oder als Dauereinrichtung hergestellt werden sollen. Da nun der Gemeinschaftsempfang im Dienste der Volksführung alle Gebiete umfaßt, so sind auch die Lautsprecheranlagen, die für den Sport oder für wirtschaftliche Zwecke in Betrieben, in Gaststätten oder im Verkehr eingesetzt werden, häufig von Anfang an auf die Möglichkeiten des Gemeinschaftsempfangs zugeschnitten. Das heißt also, Lautsprecheranlagen für den

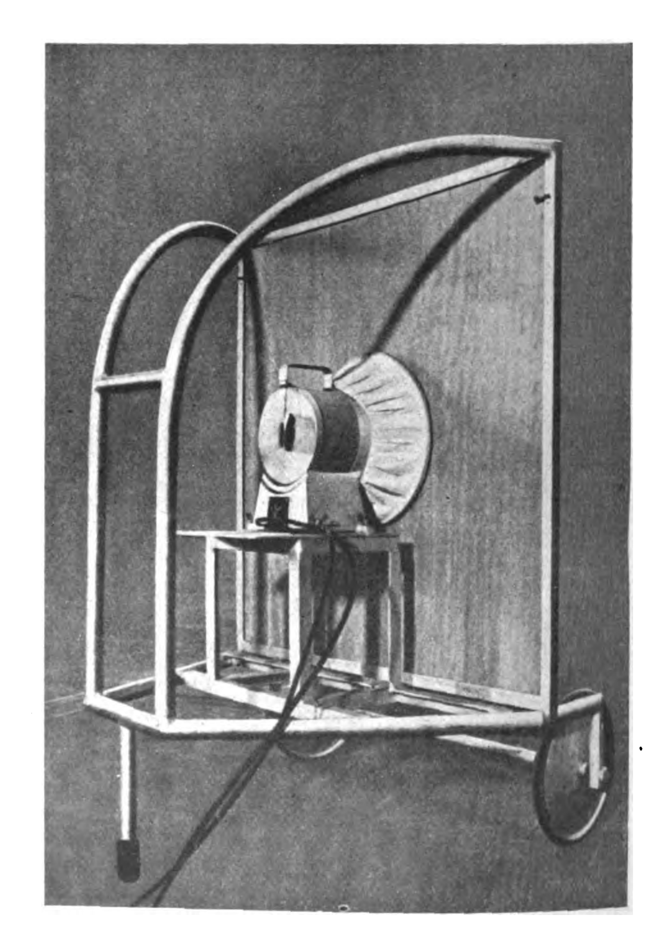


Bild 3. Ein beweglicher Telefunken-Lautsprecher kann im Bühnenraum des Gautheaters „Saarpfalz" an jeder vom Regisseur gewünschten Stelle eingesetzt werden.



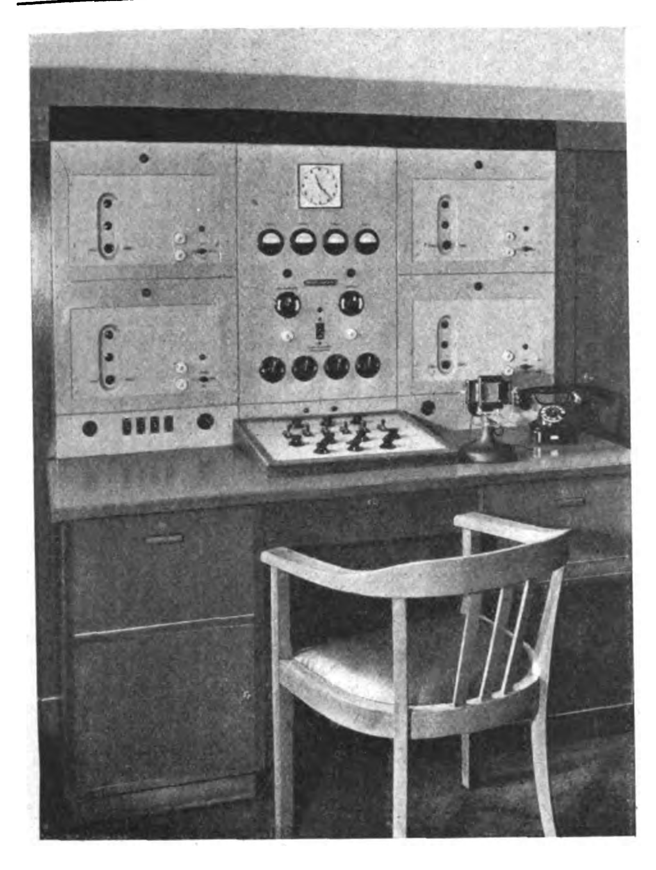


Bild 1. Lautsprecherzentrale einer großen Fabrik für 5 bis 6 Lautsprechergruppen und mehrere Mikrophonanschlüsse (vier 70-Watt-Verstärker).

Gemeinschaftsempfang werden sowohl im Selbstzweck errichtet, aber auch die anderen Lautsprecheranlagen müssen für den Gemeinschaftsempfang verwendbar sein. Dies gilt vor allen Dingen für Anlagen, die kulturellen Zwecken dienen sollen, also für Schulen, Vortragssäle und Theater. Dazu fordern naturgemäß die Auftraggeber von diesen Anlagen in erster Linie eine Ausrichtung auf den Spezialzweck der Schule, des Theaters usw., Bild 3. Die Lautsprecheranlagen auf wirtschaftlichem Gebiet sehen im Vordergrund die Betriebslautsprecheranlagen, die jeweils nach der Größe der Betriebe, nach ihrem Aufbau und ihrer besonderen wirtschaftlichen Struktur ungeheuer viele Unterschiede aufweisen. Einheitlicher sind demgegenüber die Lautsprecher, die für das Verkehrswesen, sei es für die Verkehrsregelung durch die Polizei, durch die Reichsbahn oder Schiffahrt in Betracht kommen. Eines der ältesten Anwendungsgebiete ist der Einsatz der Lautsprecheranlagen im Gaststättengewerbe. Hier treffen wir alle Größenunterschiede von der kleinsten Rundfunkübertragungsanlage einer kleinen Gaststätte bis zur Großanlage eines neuzeitlichen Hotelbetriebes. Schließlich kennen wir auf wirtschaftlichem Gebiete noch die Spezialanlagen, die für Behörden, Kassen und sonstige Institute mit starkem Publikumsverkehr als Abrufanlagen eingerichtet werden müssen. Vor allen Dingen darf aber das ungeheure Gebiet der Freizeitgestaltung nicht übersehen werden, das in seinen akustischen Einrichtungen auf Sportplätzen, in Bädern usw. eine große Zahl von Sonderforderungen an die Lautsprecheranlage stellt. Daneben gibt es Lautsprecheranlagen vielerorts, die in diese Gruppen nicht einzugliedern sind, wie in Krankenhäusern, auf Straßen und Plätzen usw.

Diese kurze Aufzählung beweist schon die Vielseitigkeit der Telefunken-Anlage und zeigt, das naturgemäß die zahlreichen Sonderzwecke auch Sondereinrichtungen, gelegentlich sogar die Konstruktion neuer Geräte, bedingen. Trotz dieser Feststellung bleibt natürlich immer ein großes Kontingent von Standardgeräten, die als einzelne Bausteine der Gesamtanlage immer wiederkehren. Das wichtige bei der Planung der Gesamtanlage ist darum ein rechtzeitiges Bedenken aller Möglichkeiten, die bei ihrer späteren Verwendung sichergestellt sein müssen. Daraus ergibt sich der schaltungstechnische Aufbau, der nunmehr die Lautsprecheranlage zu einem vielseitigen Instrument macht. Hierher gehören die Fragen der Umschaltmöglichkeiten, der verschiedenen Mikrophonstellen und der sonstigen Eingänge, wie Rundfunkgerät, Plattenspieler, Postanschluß usw. auf die verschiedenen Schallstrahler, die einzeln, in Gruppen oder geschlossen in Betrieb genommen werden sollen. Es ist erreicht worden, daß trotz komplizierten Aufbaues der Anlagen durch übersichtliche Anordnung an der Bedienungsstelle eine fast verblüffende Einfachheit in der Bedienung dieses Instrumentes zutage tritt, Bild 4.

Es ist daher verständlich, daß die Planung solcher Anlagen vorher genauestens durchdacht sein muß. Wir sind nun einmal auf dem Gebiete der Lautsprecheranlagen aus der provisorischen Arbeit heraus. Es ist notwendig, um die Wiedergabegüte der modernen Lautsprecher voll zur Geltung zu bringen, daß vorher die akustischen Verhältnisse der Räume bzw. der freien Plätze, wo die Lautsprecher aufgestellt werden sollten, geprüft werden. Bei dieser Gelegenheit wird die Art der Aufstellung vorbedacht und für evtl. notwendig werdende akustische Verbesserungen gesorgt, ja es ist vielleicht notwendig, daß Telefunken-Anlagen allein den Zweck der Verbesserung der Hörbarkeit in akustisch schlecht wirkenden Räumen haben. Nach der Lösung dieses Problems ergeben sich aus den Fragen der Wünsche des Auftraggebers die schalttechnischen Planungen. Solche Arbeiten beruhen aber, und das um so mehr, je größer die Anlagen werden, in der Hauptsache auf Erfahrungen. Diese Erfahrungen können nur in langjähriger Arbeit gesammelt werden, weil jede Örtlichkeit andere Bedingungen aufweist, und weil bei fast jeder Anlage besondere Wünsche für die Aufstellung berücksichtigt werden müssen.

Die große Zahl der Anwendungsgebiete beweist aber ganz besonders auch die wirtschaftliche Notwendigkeit. Sie wird bedingt, weil wir heute mit großen Menschenansammlungen rechnen müssen, zu denen wir sprechen und denen wir Musik übertragen wollen. Weiterhin ist es heute notwendig, häufig gleichzeitig Nachrichten an vielen Stellen zu übertragen. Wir müssen auch den Lärm der modernen Technik übertönen können. Und nicht zuletzt hat das durch den Rundfunk geschulte Ohr und der durch den Rundfunk unzähligen Menschen zugänglich gemachte Schatz an Musikgut als selbstverständliche Folge auch die Forderung nach guter Hörbarkeit und Silbenverständlichkeit aller Übertragungen, sei es eine Rede, sei es ein Musikstück oder eine Theaterdarbietung oder sei es schließlich ein Bericht auf dem Sportplatz, gezeitigt. Der Lautsprecher ist ein universelles Nachrichtenübertragungsmittel geworden und die Lautsprecheranlage ein Instrument, das aus dem Volksleben nicht mehr wegzudenken ist.

Niederspannungs-Leuchtstofflampen eine neue Lichtquelle für künstliches Tageslicht

Von L. Weis VDE, Berlin

DK 621.327.311

Das Licht der gewöhnlichen Glühlampe weist in seiner spektralen Zusammensetzung gegenüber dem Tageslicht erhebliche Unterschiede auf, die durch den Überschuß an gelbroten und den Mangel an blauen Lichtstrahlen gekennzeichnet sind. Es wirkt daher bei gleichen Beleuchtungsstärken wärmer als das mehr „fahle" Tageslicht. Dieser Farbunterschied wird infolge der Gewöhnung kaum, zumindest nicht störend empfunden, während z. B. das tageslichtähnliche Quecksilberdampfmischlicht empfindungsgemäß zunächst viel eher der Ablehnung verfällt, erfahrungsgemäß aber nach einiger Gewöhnungszeit in Arbeitsräumen dem reinen Glühlampenlicht vorgezogen wird. Der Grund ist neben der besseren Anpassung an den Tageseindruck des Raumes in der bei vielen Arbeiten festgestellten Verbesserung der Sehleistung zu suchen.

Trotzdem bilden die Eigenschaften des Glühlampenlichtes normalerweise kein Hindernis bei einer großen Anzahl von Arbeitsvorgängen; erst, wenn im Arbeitsraum Zwielicht herrscht, d. h. beide Lichtarten vorhanden sind und das Auge den Lichtfarbenunterschied von Glühlampen- und Tageslicht empfindet, tritt eine merkliche Leistungsabnahme durch Ermüdung des Auges ein. Zwielichterscheinungen sind naturgemäß in den trüben Tagen des Herbstes und Winters besonders häufig; sie treten allgemein in den Dämmerstunden, in ungünstig liegenden Räumen auch während der ganzen Tageszeit auf.

Von besonderer Bedeutung ist die Lichtfarbe auch für die Feststellung von Farben; die Farbwirkung eines Gegenstandes hängt neben seiner Eigenfarbe nämlich stark von der Farbe des auffallenden Lichtes ab. Der Gelb-Rot-Überschuß des Glühlampenlichtes wird daher die in diesem Spektralbereich liegenden Farbtöne verstärken, die blaugrünen aber gegenüber dem Tageslicht abschwächen, so daß die Tageswirkung eine ganz andere als bei der künstlichen Beleuchtung sein kann, was z. B. beim Einkauf farbiger Stoffe und Kleidungsstücke störend ist. Ähnlich liegt auch der Fall bei vielen Werkstoffen, z. B. sind Nickel und Chrom bei Glühlampenlicht nur schwer voneinander zu unterscheiden, während bei einer tageslichtähnlichen Lichtfarbe sich Chrom durch den Blaustich einwandfrei abhebt.

Für die Anpassung der Lichtfarbe an das Tageslicht standen bisher verschiedene Mittel zur Verfügung, die jedoch kaum universell anzuwenden waren, sondern sich meist nur für einen der oben beschriebenen Fälle eigneten, entweder für die allgemeine Beleuchtung von Räumen mit ungünstigen Tageslichtverhältnissen oder als künstliches Tageslicht für Farb- und Werkstoffuntersuchungen.

Für die Allgemeinbeleuchtung von Büros und Werkstätten mit tageslichtähnlicher Lichtfarbe hat sich Quecksilberdampfmischlicht bisher bestens bewährt, zumal infolge der günstigen Lichtausbeute — 21 bis 24 Hlm/W — die Beleuchtungsstärken bei wirtschaftlichen Anschlußwerten genügend hoch gehalten werden können. Quecksilberdampfmischlicht besteht bekanntlich in der Mischung des blaugrünen Lichtes der Quecksilberdampflampe mit dem mehr rötlichen Licht der Glühlampe derart, daß in einer Leuchte eine Quecksilberdampflampe mit einer oder mehreren Glühlampen vereinigt ist. Die Angabe des Mischungsverhältnisses kennzeichnet den Anteil des Lichtstromes der Glühlampen zu dem der Quecksilberdampflampe. Die Mischlichtlampe HWA 500 dagegen besitzt Glühwendel der Glühlampe und Entladungsröhre der Quecksilberdampflampe in einem Glaskolben; sie ergibt bei einer Aufnahme von 250 W einen Lichtstrom von 5500 Hlm, das Mischungsverhältnis beträgt angenähert 1 : 1. Der Vorteil dieser Beleuchtungsart liegt darin, daß Quecksilberdampfmischlicht besonders geeignet ist zur Fehlerfeststellung bei vernickelten und verchromten Metallen, Porzellanteilen, zur Unterscheidung von Kohle und Gestein usw.[1]). Für Farbprüfungen eignet es sich dagegen nicht, da es besonders im gelbroten Teil des Spektrums Farbverzerrungen hervorruft.

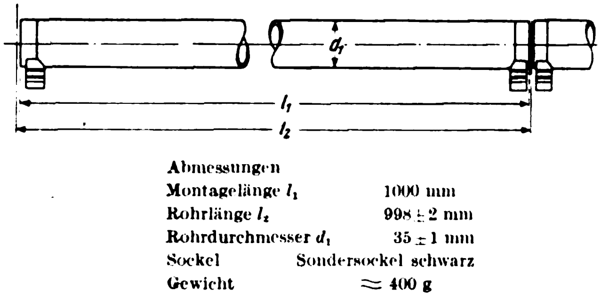


Bild 1. Abmessungen der Niederspannungs-Leuchtstofflampen.

Tageslichtglühlampen und -filter haben infolge der hohen Absorptionsverluste im Blaufilter nur eine Lichtausbeute von 6 bis 10 Hlm/W gegenüber 12 bis 20 Hlm/W der entsprechenden normalen Glühlampen. Eine Raumbeleuchtung mit diesen Lichtquellen erfordert bei ausreichenden Beleuchtungsstärken sehr hohe Anschlußwerte; sie werden daher meist nur an einzelnen Arbeits- und Prüfplätzen, z. B. auch in Kaufhäusern, beim Zahnarzt und Dentisten usw. verwendet. Die Lichtfarbe kann nur als tageslichtähnlich angesprochen werden und weist gegenüber der Tageslichtnorm — diffuses Licht des bedeckten Nordhimmels — noch einen Überschuß an Gelb-Rot auf.

Die spektrale Zusammensetzung des Moorelichtes und des Tageslichtapparates[2]) entspricht weitgehend der des natürlichen Tageslichtes; jedoch ist die Lichtausbeute mit 1 bis 2 Hlm/W und der Lichtstrom je Einheit so gering, daß bei Moorelichtanlagen für Allgemeinbeleuchtung große Rohrlängen benötigt werden und der Tageslichtapparat nur als Platzbeleuchtung für Untersuchungszwecke dienen kann.

In den etwa seit einem Jahr bekannten Leuchtstoff-Röhren für Hochspannung[3]) wurde eine Lichtquelle geschaffen, die infolge ihrer praktisch tageslichtgetreuen Lichtfarbe, des hohen Lichtstroms — 2200 Hlm je System — und der hohen Lichtausbeute von 34 Hlm/W sowohl für die Allgemeinbeleuchtung von Arbeitsräumen als auch für Prüf- und Untersuchungszwecke gleich gut geeignet ist. Allerdings ist ihr Betrieb nur mit Hochspannung möglich, die besondere Zusatzgeräte erfordert und hohe Ansprüche an die Installation solcher Anlagen stellt[4]).

Dagegen werden die neu geschaffenen Leuchtstofflampen in Röhrenform mit tageslichtweißer Lichtfarbe mit Wechselspannung 220 V betrieben; sie sind außer-

[1]) Kämmerer, Siemens-Z. 20 (1940) S. 117.
[2]) Stark, Licht u. Lampe 24 (1935), S. 435.
[3]) Schmidt, Licht 10 (1940) S. 63. — Rulla †, Summerer, Licht 10 (1940) S. 66.
[4]) Krüger, Licht 10 (1940) S. 69.

ordentlich wirtschaftlich im Betrieb und haben eine dem Tageslicht sehr ähnliche spektrale Zusammensetzung. Die Lampen tragen die Typenbezeichnung HNT 100, wobei H den Entladungsträger Quecksilber-Hydrargium, N die Art der Entladung = Niederdruckentladung, T die Lichtfarbe tageslichtweiß kennzeichnet und 100 den Lichtstrom in dlm angibt. Sie werden nur als Einheitsröhre hergestellt, deren Abmessungen aus Bild 1 hervorgehen.

Die Entladung erfolgt in Quecksilberdampf bei geringem Druck — einige mm Quecksilbersäule —; die in der Quecksilber-Niederdruckentladung enthaltene kurzwellige UV-Strahlung wird zur Anregung der auf der Innenwand aufgebrachten Leuchtstoffe ausgenutzt. Dadurch wurde die günstige Lichtausbeute erreicht, und durch die geeignete Leuchtstoffmischung, Wolframate und Silikate, konnte ein kontinuierliches Spektrum[5]) von tageslichtähnlicher Zusammensetzung erzielt werden. Durch Verwendung eines phosphoreszierenden Leuchtstoffes ist außerdem ein genügend flimmerfreier Betrieb der Lampen sichergestellt[6]).

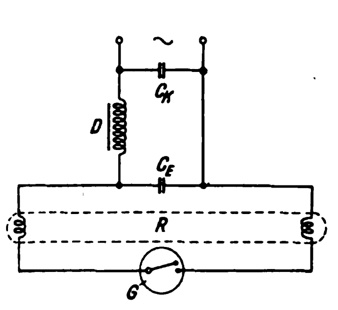


Bild 2. Glimmzünderschaltung, Prinzipschaltbild.

Tafel 1. Elektrische und lichttechnische Daten.

Stromstärke	0,25 A
Elektrische Leistung	Lampe allein ≈ 22,5 W
	einschl. Gerät ≈ 28 W
Lichtstrom	1100 Hlm
Lichtausbeute allein	≈ 49 Hlm/W
	einschl. Gerät ≈ 39 Hlm/W

Die Zusammenstellung der lichttechnischen und elektrischen Daten (Tafel 1) zeigt die hohe Lichtausbeute der Niederspannungs-Leuchtstofflampen; der Lichtstrom entspricht etwa dem einer 75 W-D-Lampe; der Leistungsbedarf einschließlich Vorschaltgerät beträgt mit max. 28 W dagegen nur etwa ein Drittel. Die Brennlage der Lampen ist beliebig; der Leistungsfaktor ist 0,5.

Zur Begrenzung des Lampenbetriebsstromes auf 250 mA dient eine Drosselspule. Die Glühelektroden sind bei der in Bild 2 dargestellten Glimmzünderschaltung nur während des kurzzeitigen Zündvorganges selbst fremdbeheizt. Der Glimmzünder schaltet bei Erwärmung eines Bimetalls durch den Stromdurchgang ab; der beim Abschalten auftretende Spannungsstoß bewirkt die Zündung durch Überschlag zwischen beiden Elektroden durch die Grund-Gasfüllung. Die Lampe gibt im Gegensatz zu den Hochdrucklampen sofort nach dem Einschalten den vollen Lichtstrom und die endgültige Lichtfarbe und ist nach dem Erlöschen unmittelbar wieder betriebsbereit. Der Kondensator C_E dient der Rundfunkentstörung, der Kondensator C_K der Verbesserung des Leistungsfaktors; er ist für $\cos\varphi = 0{,}8$ auf 2 µF und für $\cos\varphi = 0{,}9$ auf 2,5 µF zu bemessen. Die Drosselspule ist mit zwei Anzapfungen, 205 und 220 V, versehen, so daß die Leuchtstofflampen unter Einhaltung der zulässigen Abweichungen an Netzspannungen von 200 bis 225 V betrieben werden können.

[5]) Rössler, Licht 10 (1940) S. 77.
[6]) Rüttenauer, ETZ 59 (1938) S. 1158.

Bei Netzspannungsschwankungen tritt eine geringe Änderung der elektrischen und lichttechnischen Daten ein; mit erhöhter Spannung steigt der Lichtstrom Φ, die aufgenommene Lampenleistung N_L und die Stromstärke I_L, während die Lampenspannung U_L absinkt (Bild 3).

Bild 3. Abhängigkeit der elektrischen und lichttechnischen Daten von Spannungsschwankungen.

Die Quecksilberentladung und Strahlungsumformung durch den Leuchtstoff ist temperaturabhängig; die angegebenen lichttechnischen und elektrischen Werte gelten daher nur für Raumtemperaturen über 18 °. Bei geringeren Temperaturen sinkt die Lampenleistung und der Lichtstrom ab bis auf etwa 90 bzw. 70 % (Bild 4). Die Leuchtstofflampen sind für Räume niedrigerer Temperatur oder für eine Verwendung im Freien nicht bestimmt, es sei denn, daß eine besondere Heizung oder andere Maßnahmen zur Erhöhung der Umgebungstemperatur vorgesehen sind.

Bild 4. Abhängigkeit des Lichtstromes Φ und der Lampenleistung N_L von der Raumtemperatur T_R.

Die Lichtabnahme gegen Ende der mittleren Brennzeit von 2000 Brennstunden beträgt etwa 30 %, liegt also in normalen Grenzen; eine Veränderung der Lichtfarbe wurde dagegen nicht festgestellt.

Der innere Leuchtstoffbelag gewährleistet eine gleichmäßige Leuchtdichtenverteilung auf dem ganzen Lampenkörper; diese konnte bei dem angegebenen Röhrendurchmesser von 35 mm und der Belastung von 250 mA so gering gehalten werden, daß die Lampen ohne Blendungsgefahr im Gesichtskreis angeordnet werden können. Die Leuchtdichte beträgt etwa 0,4 sb.

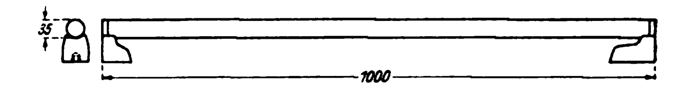


Bild 5. Leuchtstofflampe mit Anschlußstücken.

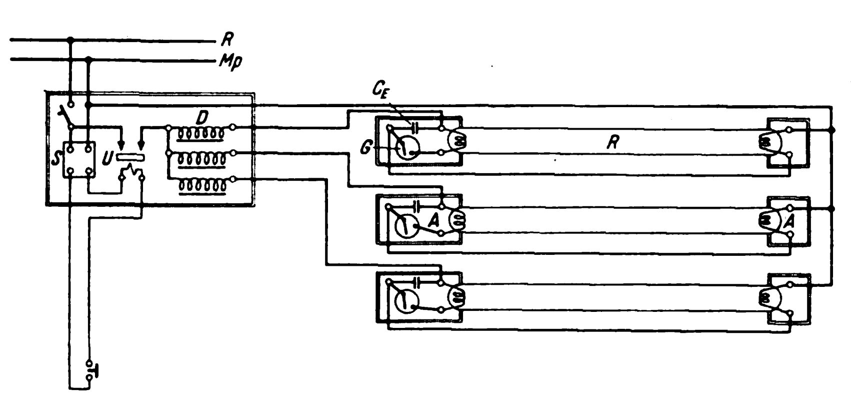


Bild 6. Schaltbild einer Anlage mit Niederspannungs-Leuchtstofflampen.

Die Lampen werden durch zwei Anschlußstücke mit dem Netz verbunden, die durch eine Art Messerkontakt die elektrische Verbindung herstellen und außerdem zwei Federn als mechanische Halterung besitzen. Bild 5 zeigt

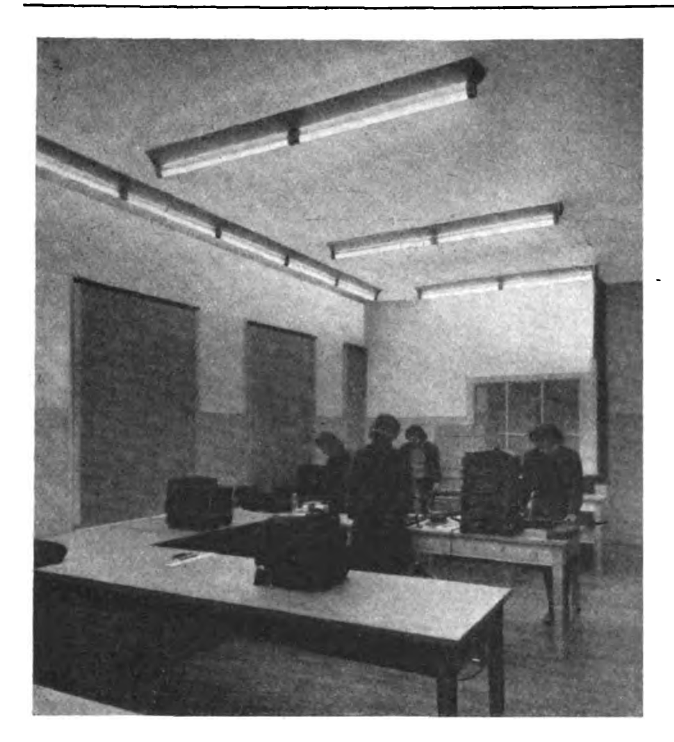


Bild 7. Beleuchtung eines Sortierraumes mit Niederspannungs-Leuchtstofflampen tageslichtweißer Lichtfarbe, HNT 100.

eine Röhre mit den Anschlußstücken. Das eine dieser Anschlußstücke enthält außerdem den Glimmzünder und Entstörungskondensator. Dadurch ist die Leitungsführung vereinfacht und die Möglichkeit gegeben, im Interesse einer harmonischen Raumgestaltung die Drosselspulen zentral, auch in Nebenräumen, anzuordnen. Das Schaltbild einer einfachen derartigen Anlage zeigt Bild 6.

Die Anwendungsgebiete der Niederspannungs-Leuchtstofflampen sind sehr vielgestaltig. Sie können ähnlich wie Quecksilberdampfmischlicht für die Allgemeinbeleuchtung von Büros und Betriebsräumen mit schlechten Tageslichtverhältnissen genommen werden; erhöhte Anlagekosten sind zwar in Kauf zu nehmen, sie werden jedoch durch die größere Lichtausbeute aufgehoben, zumal der Gesamtwirkungsgrad einer solchen Anlage sehr günstig liegt, wenn lichtstreuende Leuchtengläser entbehrlich sind. Wo allerdings große Einheiten zur wirtschaftlichen Erzielung großer Beleuchtungsstärken erforderlich werden, beispielsweise in hohen Hallen, sind Quecksilberdampflampen in Verbindung mit Glühlampen vorläufig noch die geeigneten Lichtquellen. Die Leuchtstofflampen werden zur direkten Beleuchtung von Arbeitsplätzen in besonderen Leuchtgeräten, z. B. Tiefstrahlern, angeordnet, wobei die durch die Röhren bedingte lange Form eine günstige Anpassung an langgestreckte Arbeitsplätze ergibt.

Die Lampen stellen ferner eine tageslichtgetreue künstliche Lichtquelle hoher Lichtleistung dar, die einen fühlbaren Mangel in der Prüfplatzbeleuchtung behebt und nicht nur für eng begrenzte Arbeitsplätze, sondern zur einwandfreien Beleuchtung des ganzen Untersuchungsraumes ausgenutzt werden können.

Als Anwendungsgebiete sind zu nennen: Textilgewerbe (Fabrikation und Verkauf), s. Bild 7, Papier- und Tapetenindustrie, Porzellan- und Preßstoffabriken, Kunstgewerbe und -ateliers, Lebensmittel-, Zucker- und Schokoladenfabriken, Kabelindustrie, insbesondere Telephonkabelwerke, und Laboratorien aller Art, überhaupt alle Betriebe, in denen genaue Farb- und Werkstoffuntersuchungen vorzunehmen sind.

Die Niederspannungs-Leuchtstofflampen werden unter der Typenbezeichnung HNR 100 (R = rötlichweiß) auch in rötlichweißer Lichtfarbe von den Siemens-Schuckert-Werken geliefert. Die angenehme Wirkung dieser Lichtfarbe auf die menschliche Haut und auf die Leuchtkraft der Farben machen diese Beleuchtung besonders geeignet für Gaststätten, Feierabend- und Gefolgschaftsräume, Theater, im Heim usw., aber auch für Schaufenster und Läden. Infolge ihrer Röhrenform bieten diese Lampen ein gefälliges Bauelement, das dem Architekten eine in der Raumwirkung künstlerische, dem Beleuchtungsfachmann eine lichttechnisch einwandfreie Projektierung von Beleuchtungsanlagen in repräsentativen Räumen ermöglicht. Die anregende und belebende Wirkung dieser Lichtquellen bleibt jedoch nur gewahrt, wenn eine Verschlechterung durch eine Lichtfarbe anderer Wirkung vermieden ist. Auch normales Glühlampenlicht ist daher für die zusätzliche Beleuchtung nicht geeignet, es müssen vielmehr Vorkehrungen getroffen sein, die dem Glühlampenlicht eine ähnliche Wirkung verleihen, z. B. Leuchtgeräte mit Neodymoxyd enthaltenden Gläsern.

Spannrollenantriebe von Werkzeugmaschinen

Von W. Schunk VDE, Mannheim

DK 621.34 : 621.9

Mit der zunehmenden Verwendung des Einzelantriebs mußte zwangsläufig der antreibende Elektromotor an die Arbeitsmaschine angepaßt werden, und zwar sowohl in baulicher Hinsicht, als auch mit Rücksicht auf die gewünschte Drehzahlkennlinie. Der Elektromotor hat bekanntlich den großen Vorzug, daß er, ganz im Gegensatz zu anderen Antrieben, in den verschiedensten Lagen betrieben werden kann. Das Anpassen hinsichtlich der Drehzahl ist am einfachsten und vollkommensten, wenn es möglich ist, Motor und Maschine unmittelbar zu kuppeln. Bei schnellaufenden Maschinen, z. B. Schleifmaschinen, wird dies ohne weiteres ausgeführt. Selbstverständlich könnte man langsamlaufende Maschinen ebenfalls unmittelbar antreiben. Dem steht gegenüber, daß langsamlaufende Elektromotoren in ihren Abmessungen sehr viel größer und daher teurer sind als schnellaufende. Auch ist ihr Wirkungsgrad und, bei Drehstrommotoren, ihre Phasenverschiebung schlechter.

Schnellaufende Motoren, z. B. Drehstrommotoren mit erhöhter Frequenz für Holzbearbeitungsmaschinen, können trotz geringeren Gewichtes wegen ihrer größeren Verluste (Eisenverluste, Reibungs- und Lüftungsverluste) nicht immer zweckmäßig sein.

Es zeigt sich also, daß es für die Motoren Grenzen bezüglich Leistung, Drehzahl und Wirtschaftlichkeit gibt. In den meisten Fällen ist daher ein Vorgelege zwischen Motor und Maschine notwendig, das je nach der Wirtschaftlichkeitsberechnung über- oder untersetzt. Als Vorgelege kommen in Betracht: der Riemenantrieb und das Getriebe.

Der Riemenantrieb wird ausgeführt als Keil-, Seil- und Flachriemenantrieb. Der Seilriemen ist auch für große Leistungen mehr und mehr vom Flachriementrieb mit Spannrolle verdrängt worden. Dagegen hat sich der Keilriementrieb sehr eingeführt und, an der richtigen Stelle verwendet, gut bewährt. Er kann für ein Über-



setzungsverhältnis bis zu 1 : 10 verwendet werden. Der Abstand der beiden Achsen darf jedoch nicht zu groß gewählt werden, da die einzelnen Keilriemen sonst flattern. Riementriebe mit Dehnungsspannung haben oft Nachteile, die die Wirtschaftlichkeit stark beeinträchtigen und die durch sachgemäßen Einbau einer Spannrolle vermieden werden können.

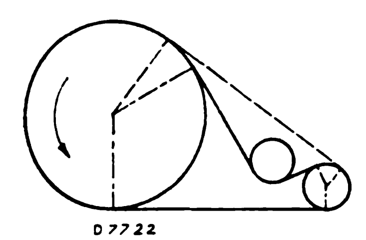


Bild 1. Spannrollenantrieb.

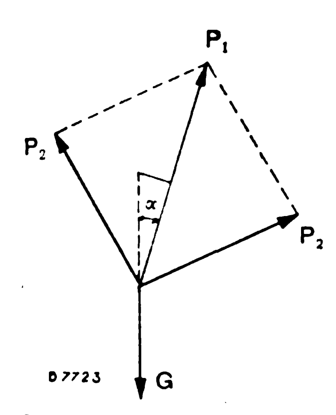


Bild 2. Kräfteparallelogramm der Spannrolle.

Wie aus Bild 1 ersichtlich, wird eine freischwingende Rolle in unmittelbarer Nähe der kleinen Scheibe — gleichgültig ob diese treibend oder getrieben ist — gerade so stark in das lose Riementrum gedrückt, daß die erforderliche Kraftübertragung durch größere Umschlingung der Scheibe ermöglicht wird. Es ist jedoch zu beachten, daß die Spannrolle nicht zu nahe an der kleinen Riemenscheibe angebracht wird, da sonst das Riemenstück zwischen Spannrolle und dieser Scheibe zu stark durch die beiden Biegungen nach innen und außen und auf Zug beansprucht wird. Es würde somit ein größerer Riemenverschleiß auftreten. Treten Stöße auf, so bedingen diese eine Dehnung des Riemens im gezogenen Trum. Hierdurch tritt eine Längung des Riemens auf, wodurch die Spannrolle selbsttätig den Umschlingungswinkel der Scheibe vergrößert und damit die Übertragungsmöglichkeit erhöht. Der Riemen ist gegenüber dem normalen Riementrieb ohne jede Vorspannung zu bemessen, da er durch die Spannrolle selbsttätig gespannt wird und jeder Schwankung der Energieübertragung Rechnung trägt. Um auftretende Belastungsschwankungen oder Stöße und die daraus sich ergebenden plötzlichen Schwingungen des Riemens und der Spannrolle unmittelbar aufzunehmen und zu dämpfen, ist ein Schwingungsdämpfer erforderlich, der ein aperiodisches Abklingen der Schwingung erreichen soll. Dieser besteht aus einer Art doppeltwirkender Kolbenpumpe mit Umlaufrohr, an dem sich eine Stellschraube zum Einstellen der Dämpfung (Bremsung) befindet. Als Dämpfungsmittel wird Öl verwendet.

Die Hauptvorteile der Spannrollentriebe gegenüber dem normalen Flachriementrieb sind: der Riemenschlupf wird von etwa 3 auf weniger als 1 % verringert; der Wirkungsgrad selbst erhöht sich um etwa 10 %; das Übersetzungsverhältnis kann bis 1 : 20 bei kurzen Wellenabständen vergrößert werden; die Raum- und die Riemenersparnis sind daher ganz beträchtlich. Infolge Fortfalls der Riemenvorspannung erhält man eine geringere Belastung der Lager, Wellen und Scheiben. Die Anschaffungskosten sind geringer, da schmälere Riemen bei gleicher Leistung verwendet werden können.

Die Betriebsunkosten ermäßigen sich, da die Betriebssicherheit größer, ein leichterer Lauf gewährleistet und die Wartung geringer ist. Das zeitraubende Nachspannen und Kürzen des Riemens fällt infolge des selbsttätigen Spannens durch die Spannrolle weg. Bei Umstellungen von Transmission auf Einzelantrieb ist der Umbau der denkbar einfachste. Das Anpassen an die von der Werkzeugmaschine gestellten Betriebsbedingungen ist sehr günstig. Meistens ergibt sich hieraus eine Leistungserhöhung der Maschine.

Folgende einfache Berechnung genügt den Belangen der Praxis. Wenn N die Leistung in PS, P die Zugkraft in kg, G das Gewicht der Spannrolle in kg, v die Umfangsgeschwindigkeit in m/s, n die Drehzahl in der Minute und d der Durchmesser in m einer Riemenscheibe ist, gilt:

$$v = \frac{d \pi n}{60}\ \text{m/s}, \quad P = \frac{75\, N}{v}\ \text{kg}.$$

Aus dem Kräfteparallelogramm Bild 2 erhält man P_1. Bei einer in das obere Riementrum einfallenden Spannrolle wird dann die resultierende Kraft P_r, für die die Spannrolle zu bemessen ist, zu:

$$P_r = P_1 - G \cos\alpha \ \text{kg} \approx P_1 - G \ \text{,,} . \qquad (1)$$

Wird die Spannrolle dagegen in das untere Riementrum eingedrückt, so gilt:

$$P_r = P_1 + G \cos\alpha \ \text{kg} \approx P_1 + G \ \text{,,} . \qquad (2)$$

Der $\cos\alpha$ kann in beiden Fällen gleich 1 gesetzt werden; insbesondere bei Gl. (2), da bei dieser Anordnung das Riemengewicht, das auf die Spannrolle wirkt, vernachlässigt wurde. Als Erfahrungswert ergibt sich weiterhin, daß die Riemenlänge mindestens ⅓ der Umfangsgeschwindigkeit v betragen soll. Hierdurch ist auch der Achsabstand bestimmt.

Ist z. B. $v = 30$ m/s, die Riemenlänge 10 m, so erhält man in der Minute drei vollständige Umläufe des Riemens.

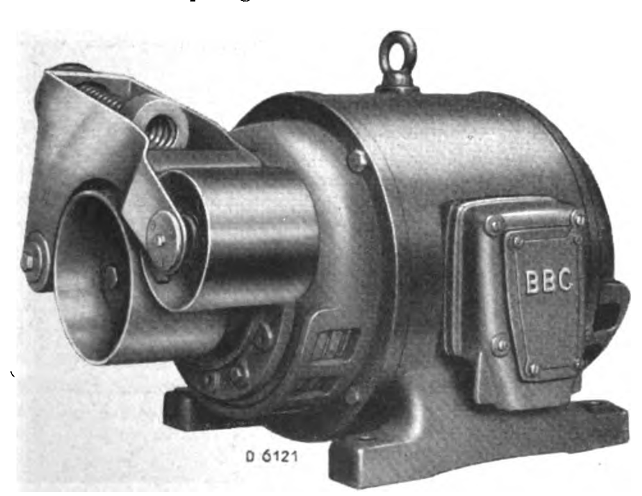


Bild 3. 7,5 kW tropfwassergeschützter Drehstrommotor mit Kurzschlußläufer für 1500 U/min und angebauter Federspannrolle.

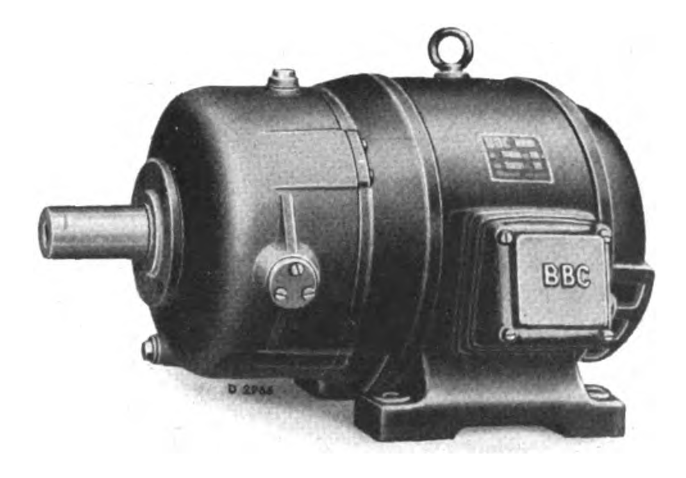


Bild 4. 4,4 kW tropfwassergeschützter Drehstrom-Getriebemotor mit Kurzschlußläufer für 180 U/min und Wälzgetriebe.

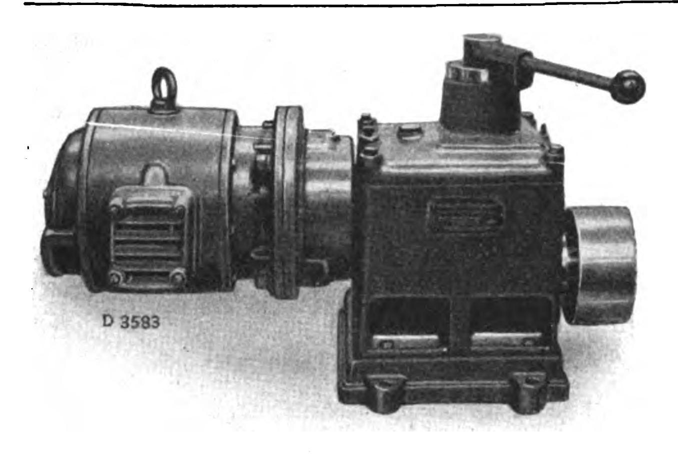


Bild 5. Schaltgetriebe kurzer Schaltung für sechs Drehzahlen: 100/148/216/317/470/685 U/min mit angebautem 4 PS-Drehstrommotor mit Kurzschlußläufer

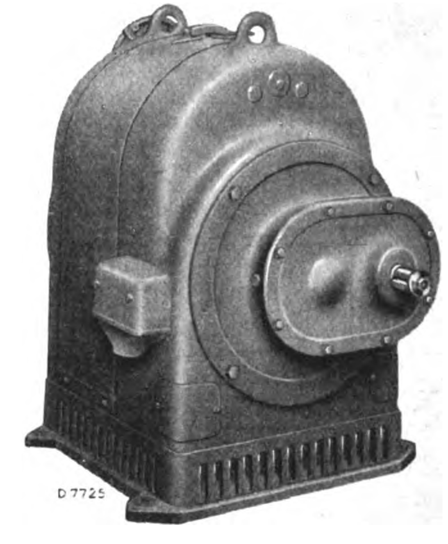


Bild 6. 7 kW-Drehstrom-Nebenschluß-Kommutatormotor, regelbar von 600 bis 1200 U/min, mit angebautem Getriebe für eine Drehzahlübersetzung 1:3.

Dies gibt 9 Biegungen in der Minute. Für diese Verhältnisse wird schon ein guter Riemen benötigt, wenn ein einwandfreier Dauerbetrieb möglich sein soll. Es werden jedoch Riemen für Umfangsgeschwindigkeiten bis zu 40 m/s und wesentlich mehr Biegungen als vorstehend angegeben hergestellt. Selbstverständlich sind hierfür Scheiben in Sonderausführung und genauestens dynamisch ausgewuchtet zu verwenden.

Bereits eingangs wurde erwähnt, daß der Elektromotor gegenüber anderen Antrieben wesentliche Vorteile hat. Dies trifft auch auf den in Bild 3 abgebildeten Elektromotor von BBC mit angebauter Federspannrolle zu. Es ist ohne weiteres ersichtlich, daß eine derartige Anordnung eine gedrängte Bauart und damit kurze Baulänge ergibt, die nicht größer ist, als die eines normalen Motors. Der zusätzlichen Beanspruchung des Motors durch die Spannrolle ist Rechnung getragen. Die einzelnen Teile der Spannrolle sind sehr kräftig ausgeführt, besonders die am meisten beanspruchten Spannrollenarme, so daß die Spannrolle Stoßbeanspruchungen gegenüber unempfindlich ist. Spannrolle und Motor sind zu einem harmonischen Ganzen vereinigt. Grundsätzlich ist hier statt der Gewichtsspannrolle die Federspannrolle gewählt worden. Ihre Ausladung ist daher sehr gering. Die Zugkraft der Feder kann bequem eingestellt werden, sie gewährleistet eine gleichmäßige Riemenspannung. Bei größeren Typen ist diese Zugfeder in einen Federträger eingeschraubt. Eine zusätzliche Dämpfung bei Stößen ist nicht erforderlich, da die Gegenkraft der Feder stark dämpfend wirkt. Diese Federspannrolle kann beliebig auf jeden gewünschten Winkel des gesamten Umfanges eingestellt werden. Geringes Verstellen (Feineinstellen) erfolgt je nach der Type durch Lösen einer Schraube oder Mutter; der Spannrollenträger ist dann in die gewünschte Stellung zu bringen. Die gelöste Schraube oder Mutter ist wieder anzuziehen, und die Spannrolle ist erneut betriebsbereit.

Größeres Verstellen ist z.B. erforderlich, wenn der Motor so umgeschaltet wird, daß er links herum läuft, da die Spannrollen normalerweise für Rechtslauf angebaut werden. Der Spannrollenträger einschließlich Arm, Feder und Rolle braucht nur abgenommen und spiegelbildlich zum Drehpunkt wieder aufgesetzt zu werden. Bei Riemenantrieben kann man Motoren mit Spannrolle ohne weiteres nahe an die Arbeitsmaschine heranrücken. Es ist jedoch nicht immer möglich, bei einer Werkzeugmaschine einen Riemenantrieb (Keilriemen oder Flachriemen mit Spannrolle) zu verwenden, da es einerseits die An- oder Einbauverhältnisse nicht gestatten, oder andererseits Gründe vorliegen, die eine Verwendung des Riemenantriebes von vornherein ausschließen. Es kann z. B. vorkommen, daß Öl oder Seifenwasser auf den Riemen tropft. In diesem Falle ist es günstiger, ein geschlossenes Vorgelege zu verwenden. Dies führt beim Elektromotor zum Getriebemotor. Bild 4 zeigt einen Drehstromgetriebemotor für 4,5 kW, 180 U/min, mit Kurzschlußläufer. Der Platzbedarf ist äußerst gering. Der Preis, der Gesamtwirkungsgrad und Platzbedarf eines solchen Motors ist meistens beträchtlich günstiger als der eines langsamlaufenden Elektromotors, da der Wirkungsgrad des Getriebes allein etwa 98 % beträgt.

Verlangt die Werkzeugmaschine mehrere Drehzahlstufen oder einen gewissen, stetig veränderlichen Drehzahlbereich, so kommt in erstem Falle ein Schaltgetriebemotor, im zweiten ein Getriebemotor oder Schaltgetriebemotor für Gleichstrom, oder ein Drehstromkommutatormotor mit angebautem Getriebe in Betracht. Die stetige Veränderung der Drehzahl geschieht hierbei elektrisch durch die Motoren. Sie kann jedoch auch mechanisch durch ein stufenlos regelbares Getriebe mit angebautem Elektromotor erfolgen.

Schaltgetriebemotoren werden bis zu neun Stufen ausgeführt. Bild 5 zeigt einen Schaltgetriebemotor mit kurzer Schaltung.

In Bild 6 ist ein läufergespeister Drehstrom-Nebenschlußkommutatormotor mit angebautem Getriebe dargestellt. Die Drehzahl wird hierbei bekanntlich stufenlos und verlustlos durch Bürstenverschiebung geregelt. Dieser Antrieb hat sich in letzter Zeit mehr und mehr durchgesetzt.

Für Holzbearbeitungsmaschinen werden teilweise Motoren mit Drehzahlen über 3000 bis 20 000 U/min benötigt. Dies wird durch Drehstrommotoren erreicht, die an ein Netz mit erhöhter Frequenz (größer als Netzfrequenz 50 Hz) angeschlossen werden. Steht nun ein Periodenumformer zur Erzeugung dieser erhöhten Frequenz aus irgendwelchen Gründen nicht zur Verfügung, so können für derartige Antriebe einstufige Getriebemotoren mit einer Grunddrehzahl von 3000 U/min mit einer Übersetzung ins Schnelle von z. B. 2 : 1 oder 4 : 1 oder 6 : 1 verwendet werden, wodurch sich austreibende Drehzahlen von 6000 oder 12 000 oder 18 000 U/min ergeben. Derartige Getriebemotoren haben sich in der Praxis gut eingeführt und bestens bewährt.

NACHRICHTEN AUS DER INDUSTRIE

Elektrowärme in Industrie und Haushalt

DK 621.36

Das Lichtbogen-Schweißverfahren konnte sich infolge seiner technischen Brauchbarkeit immer mehr einführen. Während dieses Schweißverfahren anfänglich nur für Reparaturen benutzt wurde, will man nunmehr die Vorteile auch in der Fertigung benutzen. Mit diesem Schritt war aber gleichzeitig die Frage aufgetaucht, das Schweißverfahren den bestehenden Fertigungsmethoden anzupassen. Man mußte also von handbetätigten Schweißverfahren zu automatischen oder halbautomatischen kommen. Drei Möglichkeiten sollten mit dem **Schweißautomaten** durchzuführen sein: 1. das Schweißen mit dem Kohlelichtbogen, 2. mit blankem Draht und 3. mit Mantelelektroden. Die Kjellberg Elektroden & Maschinen G.m. b. H., Finsterwalde NL., erfüllt diese Anforderungen dadurch, daß sie ihren Schweißautomaten mit drei schnell auswechselbaren Schweißköpfen für Mantelelektroden, Blankdraht und Kohleschweißung ausgeführt hat. Der im Bild 1 dargestellte Automat besteht aus zwei Hauptteilen, dem Schweißumformer mit aufgebautem Steueraggregat sowie dem Fahrwerk mit Schalttafel und dem Schweißkopf, der, wie oben schon erwähnt, auswechselbar ist. Das Fahrwerk enthält alle Schalt- und Regelorgane, den Ein- und Ausschalter für den Vorschub der Elektroden, sowie den Regler für die Einstellung der Lichtbogenspannung, die Schalter für den Fahrmotor, sowie den Regler für die Fahrgeschwindigkeit, die sich im Verhältnis 1 : 12 von 6 bis 70 cm/min stufenlos regeln läßt. Ferner die Schaltung für die Pendelbewegung, die sich stufenlos von 0 bis 60 mm während des Betriebes einstellen und in ihrer Schwingungszahl zwischen 10 und 100 Schwingungen in der Minute regeln läßt. Die Steueraggregate sind auf dem Schweißumformer aufgebaut und die gesamte Ausführung ist gekapselt, so daß weder Staub noch Feuchtigkeit eindringen können. Die im Fahrwerk untergebrachten Schalt- und Regelorgane sind auch so eingebaut, daß keine Störungen von außen möglich sind. Elektrisch gesehen ist die gesamte Ausführung der Anlage demzufolge so zweckmäßig ausgebildet, daß man den Automaten unter den verschiedensten Betriebsverhältnissen in Konstruktionshallen und sogar auch an Bord von Schiffen ohne Schwierigkeit auswerten kann.

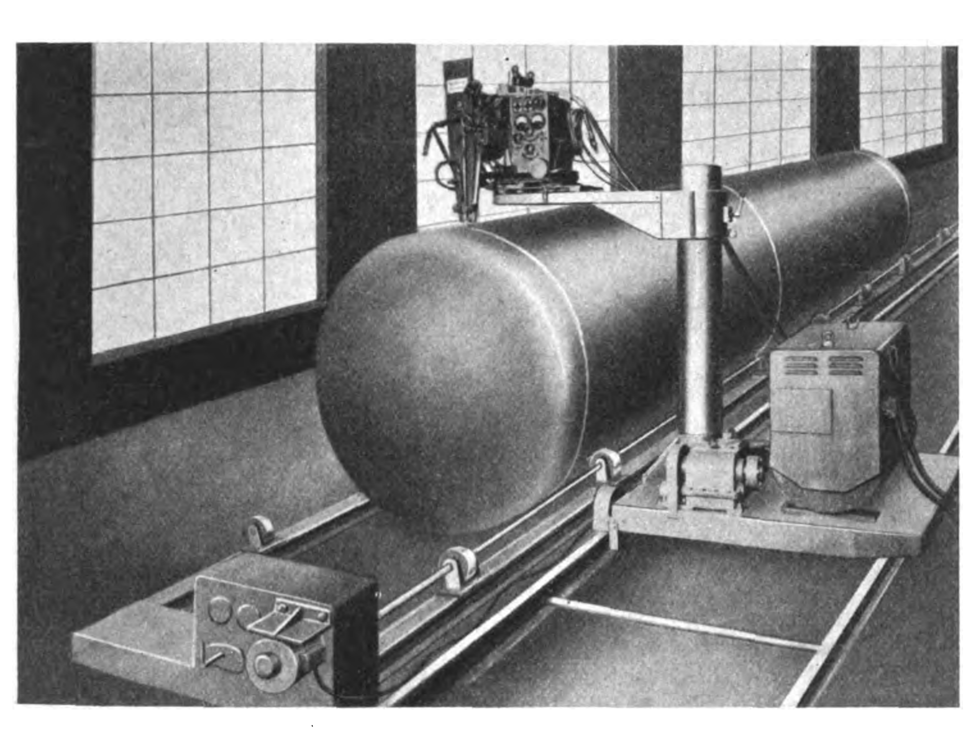
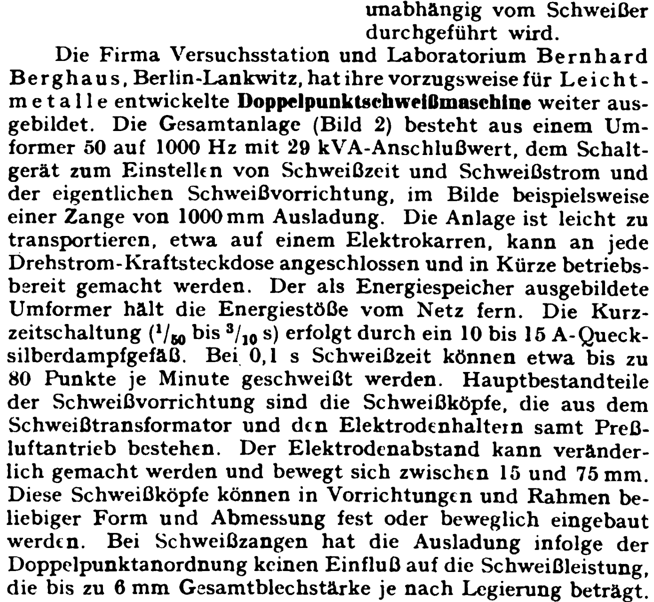


Bild 1. Schweißautomat mit Umformer.

Die Konstruktion dieses Lichtbogen-Schweißautomaten ermöglicht eine universelle Verwendbarkeit und läßt sich deshalb mit großem Vorteil überall dort auswerten, wo Massenfertigungen bzw. Schweißen mit sehr hoher Einschaltdauer vorliegen. Die Vorteile lassen sich etwa in folgenden Punkten zusammenlegen:

1. Kontinuierliches Arbeiten und damit Fortfall von Leerlaufzeiten.
2. Mehrleistung durch die erhöhte Einschaltdauer 80 bis 100% ED beim Automaten, nur rd. 50% ED bei Handschweißungen wegen Ermüdung des Schweißers.
3. Die Verwendungsmöglichkeit stärkerer Elektroden und höherer Stromstärkenbelastungen derselben ergeben erhöhte Schweißgeschwindigkeit und damit geringe Erwärmung der Werkstücke und Wärmespannungen.
4. Die Möglichkeit, daß Schweißnahtprofile mit kleinerem Öffnungswinkel ausgeführt werden können, ergeben Ersparnisse an Elektrodenmaterial und gleichzeitig an Schweißzeit.
5. Nicht nur die Schweißleistung wird erhöht, sondern auch die Schweißnahtgüte wird verbessert und Fehler vermieden, weil der Vorgang unabhängig vom Schweißer durchgeführt wird.



Die Firma Versuchsstation und Laboratorium Bernhard Berghaus, Berlin-Lankwitz, hat ihre vorzugsweise für Leichtmetalle entwickelte **Doppelpunktschweißmaschine** weiter ausgebildet. Die Gesamtanlage (Bild 2) besteht aus einem Umformer 50 auf 1000 Hz mit 29 kVA-Anschlußwert, dem Schaltgerät zum Einstellen von Schweißzeit und Schweißstrom und der eigentlichen Schweißvorrichtung, im Bilde beispielsweise einer Zange von 1000 mm Ausladung. Die Anlage ist leicht zu transportieren, etwa auf einem Elektrokarren, kann an jede Drehstrom-Kraftsteckdose angeschlossen und in Kürze betriebsbereit gemacht werden. Der als Energiespeicher ausgebildete Umformer hält die Energiestöße vom Netz fern. Die Kurzzeitschaltung ($^1/_{50}$ bis $^3/_{10}$ s) erfolgt durch ein 10 bis 15 A-Quecksilberdampfgefäß. Bei 0,1 s Schweißzeit können etwa bis zu 80 Punkte je Minute geschweißt werden. Hauptbestandteile der Schweißvorrichtung sind die Schweißköpfe, die aus dem Schweißtransformator und den Elektrodenhaltern samt Preßluftantrieb bestehen. Der Elektrodenabstand kann veränderlich gemacht werden und bewegt sich zwischen 15 und 75 mm. Diese Schweißköpfe können in Vorrichtungen und Rahmen beliebiger Form und Abmessung fest oder beweglich eingebaut werden. Bei Schweißzangen hat die Ausladung infolge der Doppelpunktanordnung keinen Einfluß auf die Schweißleistung, die bis zu 6 mm Gesamtblechstärke je nach Legierung beträgt.

Die für den Schweißstrom gewählte hohe Frequenz hat neben Verfeinerung des Schweißgefüges insbesondere eine Widerstandserhöhung der Strombahn im Schweißgut zur Folge. Es wird so auf einfache Weise die hohe Leitfähigkeit der Leichtmetalle verringert, so daß auch das Schweißen von Leichtmetallen mit einer Leitfähigkeit von über 20 m/Ω mm² keine Schwierigkeiten bereitet. Diese Schweißmaschine ist eine

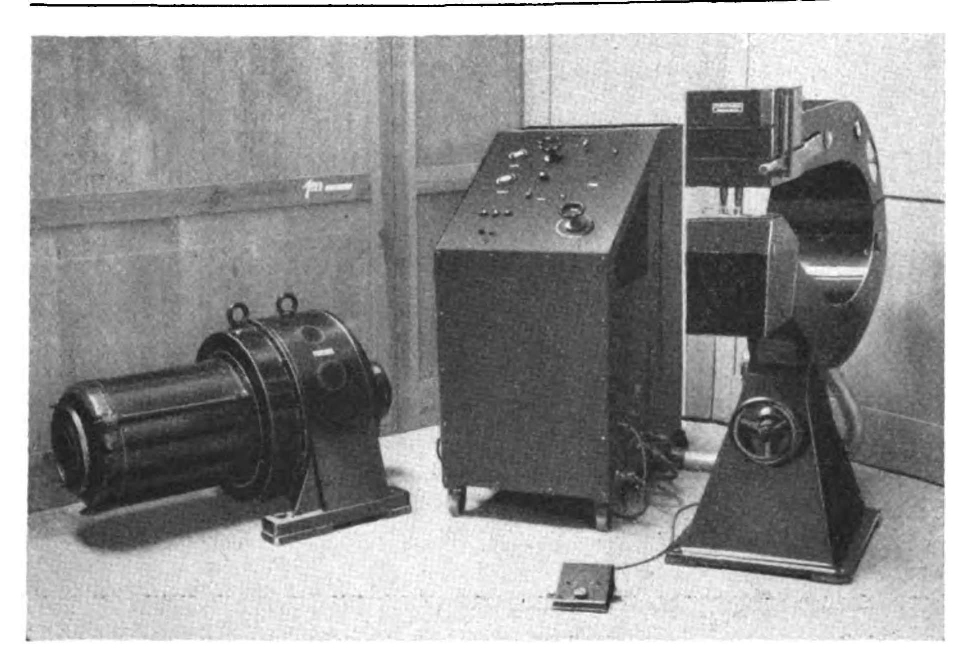


Bild 2. Doppelpunktschweißmaschine für Leichtmetalle.

Energiespeichermaschine, mit der sich auch ein Stromprogramm, d. h. eine Veränderung des Schweißstromes während der Schweißzeit, durchführen läßt.

Die Himmelwerk AG., Tübingen, stellt **Schweißumformer** in drei verschiedenen Größen für die Schweißstrombereiche von 15 bis 160 A, 20 bis 300 A und 25 bis 450 A her.

Mit den vorgenannten Schweißstrombereichen ist es möglich, alle vorkommenden Schweißarbeiten an Stählen aller Art, Gußeisen-Kalt- und -Warmschweißungen sowie Nichteisen-Metallschweißungen, z. B. Bronze, Kupfer, usw. auszuführen. Als besondere Neuerung wurde eine halbautomatische **Universal-Rundnahtschweißmaschine,** Modell URMSK 300, entwickelt. Dieser Schweißautomat dient zum Schweißen zylinderförmiger Körper mit dünner Wandstärke mittels Kohlenlichtbogens. Der Schweißstrom für diese Rundnahtschweißmaschine wird von einem normalen Schweißumformer mittlerer Größe geliefert. Die Werkstücke sind auf einer umlaufenden Aufspannplatte aufgespannt. Diese Aufspannplatte wird durch einen im Maschinenuntergestell eingebauten Elektromotor über ein stufenlos regelbares Getriebe in Bewegung gesetzt, so daß ihre Drehzahl entsprechend dem Umfang der Werkstücke stufenlos geregelt werden kann. Auf diese Weise kann die Vorschubgeschwindigkeit der auszuführenden Schweißnaht je nach den vorliegenden Bedarfsfällen eingestellt werden. Die umlaufende Aufspannplatte ist bei zu schweißenden Stirnflächen runder Werkstücke auf der Oberseite des Maschinenstandes vorgesehen. Bei der serienmäßigen Schweißung von Nähten am Umfang der Werkstücke wird die umlaufende Aufspannplatte an der vorderen Stirnseite des Maschinengestelles angebracht. Man kann also mit dieser halbautomatischen Schweißmaschine in Serien Stirn- und Umfangflächen runder Werkstücke schweißen. Diese halbautomatische Rundnahtschweißmaschine kann in die Fertigungsgänge der verschiedensten Fabrikationszweige besonders dann wirtschaftlich eingeschaltet werden, wenn es sich um die serienmäßige Herstellung gleichmäßig geformter, zylindrischer Werkstücke mit dünnen Wandstärken handelt.

Die AEG hat ein neues für die Fertigung der Fernmelde- und Rundfunkgeräte geeignetes Schweißgerät entwickelt. Diese **Kleinst-Punktschweißzange,** die in ihrem Aufbau ganz auf die Eigenart dieser Fertigung abgestellt wurde, erfüllt vollauf die Erwartungen, wie die ersten Großversuche gezeigt haben.

Die erste Forderung, die es zu erfüllen galt, war leichte Handhabung auch an räumlich schwer zugänglichen Stellen. Auch schweißtechnisch mußten durch besondere Kohleelektroden bei Kupfer- und Messingverbindungen, und um diese handelt es sich vorwiegend, und durch eine Maximal-Stromsteuerung die Voraussetzungen für die erfolgreiche Schweißung geschaffen werden. Bild 3 zeigt die neue AEG-Kleinst-Punktschweißzange für den Rundfunkgerätebau. Mit 250 g Gewicht ist diese Zange das bisher leichteste Schweißgerät für Punktschweißung. Durch zweckmäßige Gestaltung der Zangenschenkel, die um 30° abgebogen sind, wird die Zugänglichkeit beengt liegender Schweißstellen wesentlich erleichtert. Die Schenkelausbildung kann konstruktiv auch einem anderen Anwendungsfall durch andere Form und Neigung speziell angepaßt werden. Die Elektroden der Zange bestehen aus kleinen runden Kohlekontakten, wenn es sich um die Schweißung von Kupfer oder Messingdrähten handelt; für Eisendrähtchen und dünne Eisenbleche werden besser kleine Kupferkontakte verwendet.

Der für die Erzeugung des Schweißstromes notwendige Transformator mit den notwendigen Schaltelementen für die Stromsteuerung sind in einem besonderen Schweißgerät zusammengebaut. Mit einem 6 stufigen Regelschalter kann der Schweißstrom der Werkstoffdicke und -art angepaßt werden.

K 72734

Bild 3. Kleinst-Punktschweißzange.

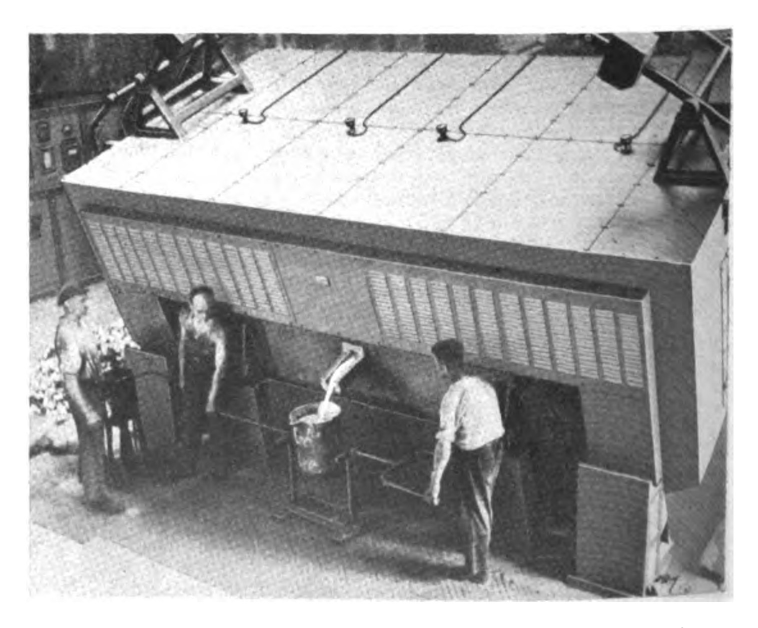


Bild 4. Herdschmelzofen mit hydraulischer Kippvorrichtung. Kippung um Gießschnauze, Beheizung durch Felgen (DRP. 684 751).

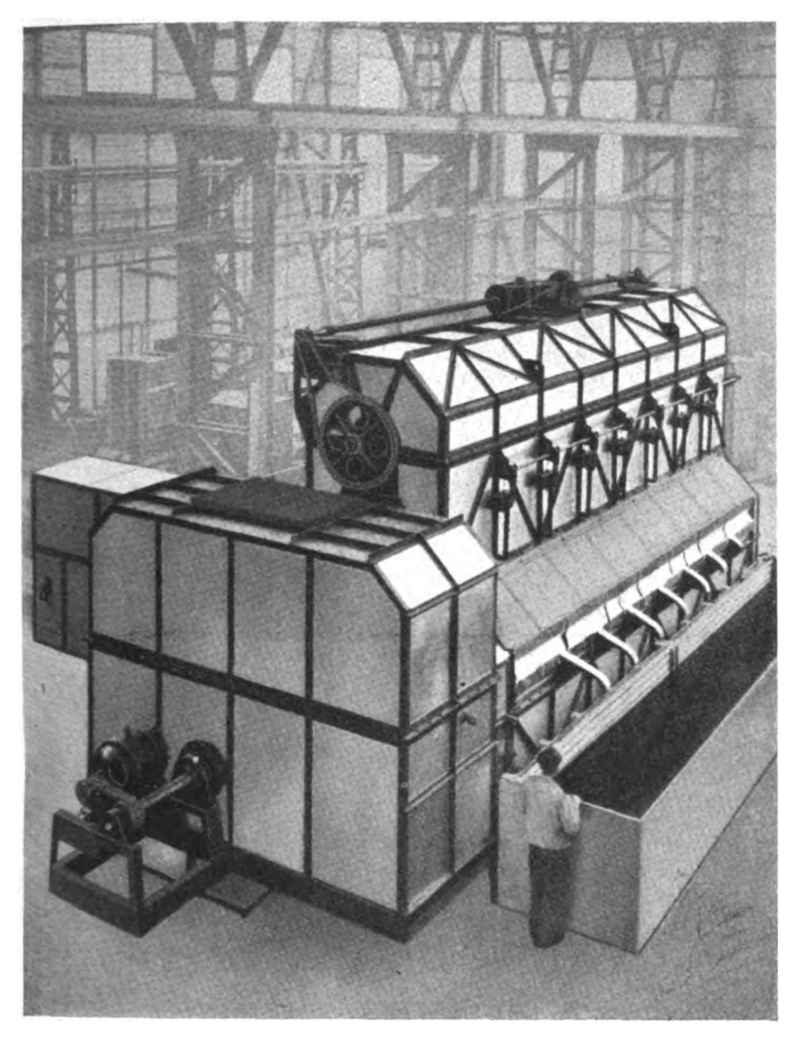


Bild 5. Paternosterofen für Leichtmetallstangen mit Luftumwälzung, Ausfallseite.

Die Einschaltung des Schweißstromes erfolgt über einen Fußschalter. Die Abschaltung des Schweißvorganges geschieht selbsttätig, nachdem die Schweißung vollzogen ist. Bei dem äußerst geringen Anschlußwert von etwa 850 W kann die Anlage an jede normale Lichtsteckdose angeschlossen werden.

Die technische Entwicklung auf dem Gebiet der Elektroofenindustrie hat für die verschiedensten Verwendungszwecke recht zahlreiche Sonderkonstruktionen entstehen lassen. So ist in der Leichtmetallindustrie eine beachtliche Entwicklung des Elektroofens festzustellen, die neben einer Vielzahl von Kleinofenbauformen durch bemerkenswerte Bauformen von Großöfen zum Ausdruck kommt. Einige von der Firma Otto Junker, Lammersdorf, sollen hier kurz beschrieben werden.

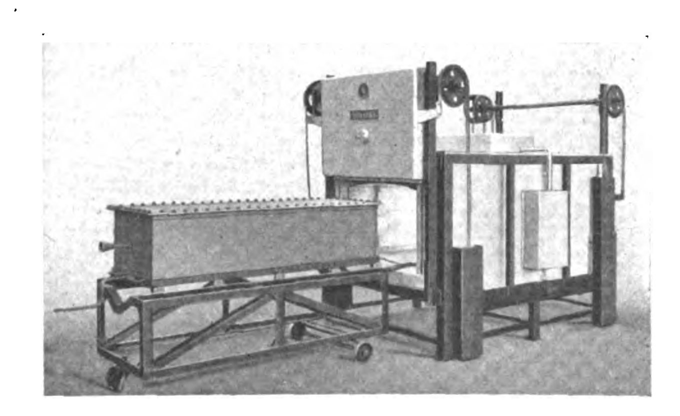
Der Junker-**Herdschmelzofen** mit hydraulischer Kippvorrichtung, Kippung um Gießschnauze und Beheizung durch Felgen ist in Bild 4 zu sehen. Die Badfläche ist 1600 × 5000 mm, das Fassungsvermögen 6000 kg (Aluminium). Bei einer Leistung von mehr als 500 kg/h hat der Ofen nur einen Anschlußwert von 300 kW. Die Temperaturregelung ist 5 fach (4 Zonen der Heizfläche und direkte Badregelung). Für große und größte Schmelzeinheiten steht der Herdschmelzofen im Vordergrund des Interesses. Bei feststehenden Herdschmelzöfen konnte das Fassungsvermögen bis auf 15 t gesteigert werden. Diese Öfen erhalten hydraulische Abstichvorrichtungen, die durchaus betriebssicher gestaltet werden konnten.

Der in letzter Zeit entwickelte **Schrittförderofen** ist deshalb bemerkenswert, da diese Bauform nicht nur die Nachteile anderer Verfahren in der Förderung zylindrischer Blöcke vollständig beseitigt, sondern darüber hinaus auch unregelmäßig geformte Körper störungsfrei im Fließbetrieb fördert. So kommt diese Ofenform dort zum Einsatz, wo für die Weiterverarbeitung in Walze oder Presse zylindrische Blöcke, Platten oder auch unregelmäßig geformte Körper in einer gleichmäßigen Erwärmung des Gutes bei vorgeschriebener Temperaturhöhe und in eine dem Arbeitszeitmaß der Walze oder Presse genau angepaßten Zubringerfolge gefordert werden. Die durchaus betriebssichere Gestaltung der neuartigen Fördereinrichtung, die das Anwärmgut schrittweise durch den Ofen bewegt, darf als das Grundsätzliche dieser Ofenarten bezeichnet werden. In Folge geeigneter Luftführung besteht keine Entzündungsgefahr bei der Wärmebehandlung von Magnesium.

Für das kontinuierliche Einzelglühen und -vergüten von Stangen, Rohren und Profilen hat sich der **Stangenpaternosterofen** (Bild 5) gut bewährt. Er hat folgende Nutzabmessungen: 6000 mm breit, 200 mm tief, 4000 mm lang, wobei letztere Angabe die Nutzdurchlauflänge des Ofens ist. Bei einer Leistung bis 500 kg/h hat er einen Anschlußwert von 175 kW. Die Beschickung und Entnahme erfolgt getrennt und selbsttätig. Die für die Beschickung vorgesehene Förderkette ist mit der eigentlichen Paternosterkette elektrisch verriegelt und ermöglicht eine selbsttätige Beschickung. Die Entnahme und Beförderung auf kürzestem Weg in das Abschreckbad erfolgt ebenfalls selbsttätig. Ein Ofen dieser Bauform für eine Leistung von 1000 kg/h befindet sich im Bau.

Die Nitrierhärtung hat sich in den letzten Jahren zu einem der wichtigsten Oberflächenhärteverfahren entwickelt. Hochbeanspruchte Konstruktionsteile aus dem Maschinen- und Motorenbau, bei denen es neben höchster Oberflächenhärte auf gute Wechselfestigkeit ankommt, werden heute in zunehmendem Maße nitriert. Die zu härtenden, besonders legierten Stähle werden bekanntlich in einer Ammoniakatmosphäre bei einer Temperatur von etwa 500° C geglüht, wobei der aus dem Gas abgespaltene Stickstoff in die Stahloberfläche eindringt und dort eine außerordentliche Härtesteigerung hervorruft, wie sie mit anderen Verfahren nicht ohne weiteres erreicht werden kann. Die nitrierten Werkstücke zeichnen sich ferner durch hohe Anlaßbeständigkeit und geringen Verzug aus, da ein Abschrecken nach dem Glühen nicht erforderlich ist.

Zur Erzielung einer gleichmäßigen und einwandfreien Aufstickung der Werkstückoberfläche ist vor allem die genaue zeitliche und örtliche Temperaturverteilung im Ofen, während der meist ziemlich langen Behandlungsdauer (vgl. Kurve in Bild 6) sowie ferner die genaue Kontrolle der Gasatmosphäre nach



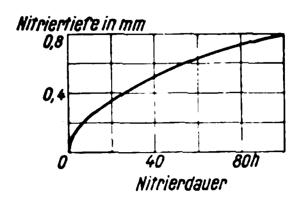


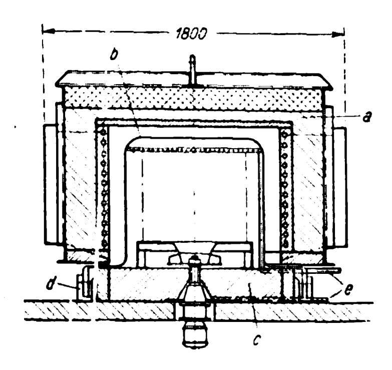
Bild 6. Elektro-Nitrier-Kammerofen 35 kW, 500° mit einfahrbarem Nitrierkasten zur Oberflächenhärtung von Stahl.

Menge und Zusammensetzung, von ausschlaggebender Bedeutung. Es sind deshalb für dieses neuzeitliche Härteverfahren von vornherein nur elektrische **Nitrieröfen** verwendet worden, die den Forderungen nach größter Temperaturgleichmäßigkeit wegen ihrer genauen und leichten Regelfähigkeit, sowie nach einwandfreier Beherrschung der Nitrieratmosphäre wegen des Fehlens schädlicher Gase im Ofenraum, am besten entsprechen.

Von den in den letzten Jahren zahlreich in Betrieb genommenen Nitrieröfen sollen zwei der am meisten vertretenen bewährten Bauarten kurz beschrieben werden, die von den Siemens-Schuckertwerken in Zusammenarbeit mit der Friedrich Krupp AG. entwickelt worden sind.

Zur Behandlung kleinerer und mittlerer Chargen dient der Kammerofen, dessen Ausführung Bild 6 zeigt. Die Werkstücke werden in einem besonderen hitzebeständigen Kasten, der durch einen Deckel mit Schraubendichtung verschlossen wird, der Nitrierbehandlung im Ofen unterzogen; man erkennt auf der Frontseite des Kastens die herausgeführten Rohre für das Thermoelement im Nitrierraum und die Gas-Zu- und Ableitung für die lösbaren Ammoniakanschlüsse. Die Beschickung erfolgt in vielen Fällen durch einen besonderen Vorfahrwagen. Der Kasten kühlt zur besseren Ausnutzung des Ofens meist außerhalb ab, wobei der Gasfluß aufrechterhalten bleibt, um zu verhindern, daß die Teile durch eingesaugte Luft Anlauffarben erhalten.

Für größere Nutzraumabmessungen des Einsatzbehälters, d. h. für umfangreichere und schwerere Chargen hat sich seit einiger Zeit der Nitrierhaubenofen zunehmend eingeführt. Die Bauart eines derartigen Ofens ist aus Bild 7 zu ersehen. Der Ofen besteht aus der eigentlichen, mit Hilfe eines besonderen Hebezeuges oder des Werkstattkranes abhebbaren Heizhaube und einem bzw. mehreren Sockeln, auf denen das Gut in besonderen Einsatzgestellen gestapelt ist. Über den fertig beschickten Stapel wird eine Zwischenhaube aus hitzebeständigem Blech gestellt, die mit ihrem unteren, abgesetzten Rand zum gasdichten Abschluß in eine am Sockelumfang angeordnete wassergekühlte Öltasse eintaucht. Diese Art der Abdichtung ist besonders bei großen Nitrierraumabmessungen arbeitssparender als die Schraubendichtung der Kästen. Ein weiterer Vorteil der Nitrierhaubenöfen besteht in der Möglichkeit, die Rohre für die Gaszu- und Abführung, sowie die Thermoelementleitungen zu den einzelnen Sockeln fest zu verlegen. Die Chargen kühlen unter der Zwischenhaube bei angestellter Gaszufuhr ab, während die Heizhaube zur Vornahme einer neuen Nitrierglühung über einen anderen, bereits fertig beschickten Sockel gestellt wird. Zur Erwärmung des Stapels dient im allgemeinen nur die Heizhaube, in deren Seitenwänden die Heizwicklung bei zweckentsprechender Verteilung angeordnet ist. Bei den Sockeln wird meist keine besondere Heizung vorgesehen, da sie zur Vergleichmäßigung der Temperatur- und Gasverteilung im Nitrierraum je nach Größe mit einem oder mehreren leistungsfähigen Lüftern ausgerüstet sind, die im Nitrierraum unter der Zwischenhaube eine Gasumwälzung bewirken.



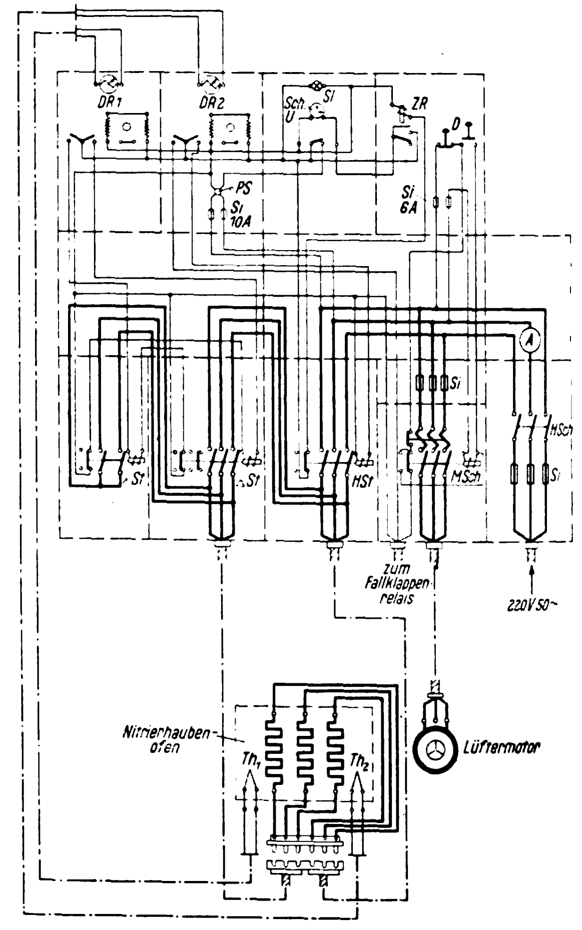
a Heizhaube
b Schutzhaube
c Sockel
d Öltasse, wassergekühlt
e Gas-Zu- und -Ableitung

Bild 7. Elektro-Nitrierhaubenofen mit Flüssigkeitsdichtungstasse und Gasumwälzung.

Besonderer Wert muß bei den Nitrieröfen auf eine genau arbeitende und betriebssicher ausgebildete Temperaturregel- und -überwachungseinrichtung gelegt werden, da es, wie erwähnt, auf sehr genaues Einhalten der vorgeschriebenen Temperatur während der Nietrierung ankommt.

Der Ofen- und der Nitrierraum sind durch die Kasten- oder Haubenwandungen voneinander getrennt. Man sieht daher bei allen Nitrieröfen grundsätzlich mindestens zwei Meßstellen für die Temperaturregelung und -überwachung vor, von denen die eine im Nitrierraum und die andere in der Nähe der Heizwicklung angeordnet ist. Jede dieser Meßstellen ist an einen besonderen Temperaturregler angeschlossen, wobei der Heizwicklungsregler allgemein um einen bestimmten Wert höher eingestellt wird, als der Regler im Nitrierraum. Beide Regler bewirken bei einem Überschreiten der jeweils eingestellten Temperatur ein Abschalten der Heizleistung. Da besonders auf die einwandfreie Regelung der Nitrierraumtemperatur zu achten ist, so empfiehlt sich, hierfür möglichst hochwertige Regler mit großer Regelgenauigkeit zu verwenden.

Die Heizleistung der Nitrieröfen soll nicht unnötig hoch bemessen werden, da die Anheizzeiten des Ofens und der Chargen im Vergleich zu den meist verhältnismäßig langen Nitrierzeiten nicht sehr ins Gewicht fallen. Zur Verbesserung der Regelgenauigkeit wird die Heizwicklung nach beendetem Aufheizen von Dreieck auf Stern umgeschaltet, da während der Nitrierperiode im Beharrungszustand nur die geringe Verlustleistung des Ofens gedeckt werden muß. Bild 8 zeigt die Schaltung eines Nitrierhaubenofens mit einer Stern—Dreieck umschaltbaren Heizgruppe in der Haube und selbsttätiger Abschaltung nach beendigter Nitrierzeit durch eine Schaltuhr. Für die Temperaturüberwachung ist ferner noch eine Signalhupe vorgesehen, die in Verbindung mit zwei Fallklappenrelais anspricht, falls der Maximalkontakt des Reglers betätigt wird, oder der Motor des Sockellüfters bei Störungen ausfällt.



DR_1 Druckbügelregler für Heizwicklung
DR_2 Druckbügelregler für Nitrierraum
SchU Schaltuhr
Sl Signallampe
ZR Zeitrelais
D Druckknopf
Si Sicherungen
PS Paccoschalter
HSch Hauptschalter
HSt Hauptsteuerschütz
ΔSt Dreiecksteuerschütz
⅄St Sternsteuerschütz
MSch Schütz für Lüftermotor
Th_1 Thermoelement für Heizwicklung
Th_2 Thermoelement für Nitrierraum

Bild 8. Schaltbild zu einem Nitrierhaubenofen mit selbsttätiger Temperaturregelung.

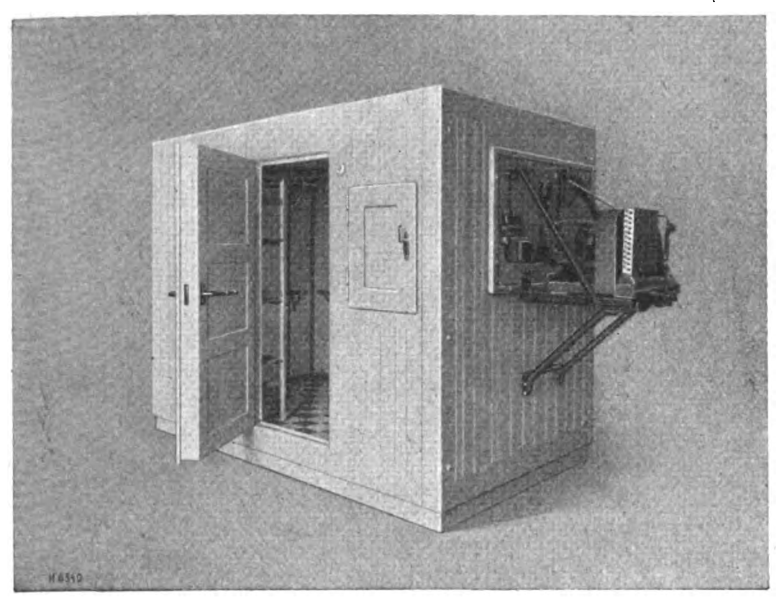


Bild 9. Zerlegbare elektrische Kühlzelle.

Während des Krieges hat die Elektrokühlung im Rahmen unserer Ernährungswirtschaft erhöhte Bedeutung. Es gilt vor allen Dingen Kühleinrichtungen in verstärktem Maße da einzusetzen, wo die Verluste am größten sind, also bei der Vorratshaltung und Verteilung.

BBC baut daher auch während des Krieges **Großgewerbekühlschränke,** Kühlmöbel und Kühlanlagen für die gesamte Nahrungsmittelindustrie. Besondere Aufmerksamkeit verdient ein Gewerbekühlschrank, der mit einem Tiefkühlabteil zur Aufbewahrung von Gefrierkonserven ausgerüstet ist. Dieser Schrank eignet sich insbesondere für solche Verteiler oder Großgaststätten, bei denen der Bedarf an Gefrierkonserven nicht sehr groß ist. Die Verbindung von Kühlschrank und Tiefkühlabteil bedingt geringere Anschaffungskosten und ist bei beschränkten Platzverhältnissen, die eine getrennte Aufstellung von Schrank und besonderer Tiefkühltruhe nicht erlauben, besonders empfehlenswert.

Für die reihenmäßig hergestellte **Tiefkühltruhe** wurde eine Sonderkältemaschine in gedrängter Bauform entwickelt, die beim Einbau in die Kühltruhe einen großen Nutzraum gewährleistet. Tiefkühltruhen arbeiten selbsttätig mit einer Innentemperatur von etwa — 20° C.

Für die Frischhaltung von Lebensmittel in Arbeitslagern, Kantinen usw. fertigt BBC zerlegbare elektrische **Kühlzellen** (Bild 9), die leicht auf- und abgeschlagen werden können.

Zu den bekannten Kältemaschinen und Verdampfern ist als neue Bauform ein Sechszylinder-**Kältekompressor** in V-Anordnung getreten.

Bemerkenswert ist ferner die weitgehende Verwendung des neuen Kältemittels Frigen, das nicht brennbar, nicht zerknallfähig, geruchlos und in seiner praktischen Anwendung vollkommen ungefährlich ist.

In den letzten Jahren hat die technische Entwicklung der Großküchenanlagen einen besonderen Aufschwung erlebt, galt es doch, die Konstruktion der Geräte den Bedürfnissen des Großküchenbetriebes möglichst vollkommen anzupassen. Eine Neukonstruktion, die ihre Betriebssicherheit bereits bewiesen hat, ist von der Juno-Großkochanlagen GmbH., Herborn (Hessen-Nassau) herausgebracht worden und in Bild 10 zu sehen.

Es ist der **JUNO-Elektroherd „Zentral 3“.** Dieses ausgereifte Modell ist das Ergebnis der aus den neuesten Erfahrungen im Bau von Großküchenherden gezogenen Schlüsse. Zum Teil ist er eine Weiterentwicklung eines von der JUNO-Großkochanlagen GmbH. seit Jahren gebauten Herdes mit abgerundeten Ecken. Im wesentlichen schließt er sich aber durch seinen zentralen Fuß an die bekannte Rundherdform an.

Dieser säulenartige kräftige Fuß gestattet dem arbeitenden Koch, wirklich nahe an den Herd heranzutreten, im Gegensatz zu anderen Herdformen, den Blockherden mit untergebauten Bratöfen und Wärmeschränken, den meist mit Abstell-Unterborden versehenen Tischherden, die das Hantieren mit Gerät und Kochgut stark erschweren.

Die quadratische Form mit den stark abgerundeten Ecken erfordert einerseits nur geringen Platz, ermöglicht aber höchste Kochleistung. Überaus vorteilhaft ist die Zweiteilung der Abdeckplatte, die nach beiden Seiten aufgeklappt werden kann und so ein gründliches, aber bequemes und schnelles Reinigen der emaillierten gußeisernen Mulde gestattet, die zudem mit einem Überlauf versehen ist, der überlaufendes Kochgut nach außen ableitet.

Der Herd ist mit neun Kochplatten ausgestattet, die als Steckerstiftplatten ausgebildet sind und so ein Austauschen gegen Platten anderer Größe und Leistung ermöglichen. Die mittlere Platte ist quadratisch (300/400 mm), die anderen haben eine runde Form mit Durchmessern von 145 mm bis zu höchstens 300 mm.

Beim elektrischen Kochen ist bekanntlich vieles Umschalten notwendig, um einen wirklich sparsamen Stromverbrauch zu erzielen. Dieser Umstand erfordert entsprechend kräftige Schalter, dem beim „JUNO-Zentral 3“ durch schwere 2-polige Schalter Rechnung getragen wurde, die mit Momentsprungwerk versehen und dreifach regelbar sind.

Im Säulenfuß sind die Anschlußklemmen in zwei getrennten Stromkreisen untergebracht. Die Schaltung wurde so gewählt, daß der Herd an sämtliche auftretenden Stromarten und Spannungen angeschlossen werden kann (der Gesamtanschlußwert beträgt 17,2 kW bis 23,2 kW, je nach der gewünschten Kochplattenbestückung).

Bei der Zubereitung von Speisen im Großbetrieb wie auch im Haushalt kommt es häufig auf besondere Schnelligkeit an. Zu diesem Zweck sind die elektrischen Schnellkochgeräte entwickelt worden. An dieser Stelle sei auf die unter der Gütemarke „NIKSE“ bekannt gewordenen Geräte der Firma Nikolaus J. Seewann & Sohn, Graz, Ostmark, hingewiesen. Ein neuer **Universal-Apparat,** der zum Heizen, Bestrahlen, Trocknen, Schaufensterabtauen, Kochen, Backen, Grillen, Rösten u. dgl. verwendet werden kann, sieht einer elektrischen Heizsonne nicht unähnlich, ist aber so konstruiert, daß er für die verschiedenartigsten Anwendungen ein vollwertiges Gerät darstellt. Dieses Gerät dient durch Aufsetzen auf eine Schüssel als Grillhaube (Bild 11), durch Aufstellen auf den Tisch als Koch-, Brat- und Backgerät (Bild 12), durch Anhängen an die Wand als Wärmestrahler, Haartrockner oder Schaufensterabtauer. Die Leistungsaufnahme beträgt nur 600 W. Zum Kochen ist dem NIKSE-Universal-Apparat



Bild 10. Elektroherd „Zentral 3“





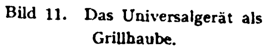


Bild 11. Das Universalgerät als Grillhaube.



Bild 12. Das Universalgerät als Koch-, Brat- und Backgerät.

ein 10 teiliges Spezialgeschirr beigegeben, das turmartig übereinander auf die NIKSE-Heizstelle gestellt wird und bei einfacher Handhabung rasches und sparsames Kochen ermöglicht. Durch fast vollständige Ausnutzung der gesamten Heizwärme sowie durch die verschiedenartigen konstruktiven Vorteile des Heizapparates selbst wird auch eine hohe Wirtschaftlichkeit erzielt.

Zum Erwärmen von Betriebsräumen, in denen elektrische Energie zu günstigen Tarifen zur Verfügung steht, oder von größeren Räumen (Gefolgschafts-, Lager- und Schutzräume, Neubauten usw.), insbesondere von solchen, in denen kein Dampf oder Warmwasser vorhanden ist, wurden in neuerer Zeit von den Siemens-Schuckertwerken **Luftheizgeräte** mit elektrischer Heizung (Bild 13) entwickelt. Diese Geräte können außerdem zur Warmluftzufuhr bei Anlagen mit großem Frischluftbedarf benutzt werden. Darüber hinaus können diese Luftheizgeräte in Entnebelungs- und Trocknungsanlagen sowie zur Beheizung von Tordurchfahrten (Vermeidung von Zugerscheinungen) verwendet werden. Je nach der Luftmenge, die bei den Normalausführungen etwa zwischen 1000 und 5000 m³/h beträgt, sind Geräte mit Anschlußleistungen von 7 bis 75 kW vorhanden.

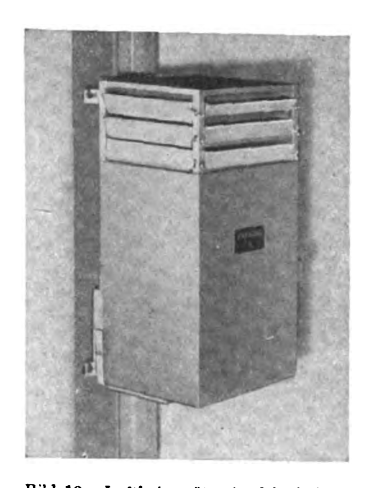


Bild 13. Luftheizgerät mit elektrischer Heizung.

Das Gerät ist mit einem kräftigen, versteiften Stahlblechgehäuse umgeben. Im oberen Teil befindet sich die eingebaute Umschaltklappe, die einen wahlweisen Betrieb mit Frisch- oder Umluft gestattet. Sodann folgen die Heizwiderstände, die auf besonders ausgeführten Wicklungsträgern untergebracht sind. Die Anschlußleistung ist je nach Bedarf in mehreren Gruppen regelbar. Unter den Heizwiderständen sitzt der zur Luftförderung dienende Siemens-Betz-Schraubenlüfter, welcher unmittelbar durch einen abgeschirmten Drehstrommotor in Flanschausführung angetrieben wird. Die Warmluft tritt nunmehr nach drei Seiten aus Öffnungen aus, die mit einzeln verstellbaren Jalousieklappen versehen sind und somit ein Richten des Luftstromes zulassen. Für den Betriebsingenieur mag noch wissenswert sein, daß der Wirkungsbereich der Geräte bis etwa 20 m beträgt. Um eine zu starke Luftbewegung in der Aufenthaltszone der Menschen zu vermeiden, empfiehlt sich eine Anbringung der Luftaustrittsöffnungen etwa 2,5 bis 3 m über Fußboden.

In neuerer Zeit hat die Elektrowärme auch in Feuerbestattungsanlagen Eingang gefunden. Ein neuzeitlicher elektrisch beheizter **Einäscherungsofen** gestattet die Eingliederung in ein stehendes Gebäude sowie in eine architektonisch frei entwickelte Neuanlage wie kein anderer Ofen für diesen Zweck. Die Ofenanlage selbst erfordert etwa die Hälfte des Raumbedarfes eines Brennstoffofens, ferner fallen Schornstein und größere Kanalbauten fast ganz weg.

Die elektrisch beheizte Einäscherungsanlage besteht aus dem eigentlichen Ofen, der Schaltanlage, der Steuereinrichtung, einem Wärmeaustauscher, einem Frischluft- und einem Abgasgebläse. Das Bild 14 zeigt eine derartige Anlage, die im Protektorat Böhmen und Mähren von BBC aufgestellt wurde. Dieser Einäscherungsofen ist ein sogenannter Rostofen, bei dem die Aschenteile durch einen Rost auf die Aschenplatte fallen. Die Aschensammelplatte ist durch einen darunterliegenden Abgaskanal geheizt und stets auf hoher Temperatur, so daß eine Verbrennung zu reiner Asche gewährleistet ist. Die Heizwendel für die Auf- und Nachheizung der Ofenkammer sind in röhrenartige Aussparungen des Ofengewölbes und der Seitenwände eingelegt. Die Heizleistung beträgt 60 kW einschließlich der Heizung, die im Luftzuführungskanal eingebaut ist.

Die Zuführung der Frischluft in den Verbrennungsraum erfolgt durch beiderseitig angeordnete Verteilungskanäle und Luftausströmungsschlitze über dem Rost. Die Abgase fallen durch den Rost und verlassen den Verbrennungsraum seitlich der Aschenplatte, durchziehen eine Folge von Nachverbrennungskanälen und treten dann in den Wärmeaustauscher. Die im Gegenstrom den Wärmeaustauscher durchziehende Frischluft wird erhitzt, wodurch eine sehr wirtschaftliche Ausnutzung der Wärme möglich wird. Die Elektroheizung wird selbsttätig gesteuert. Die Luftbewegung wird am Überwachungsstand je nach Belastung der Anlage auf Grund der Anzeige von Meß- und Beobachtungsgeräten geregelt, wobei auch für die rauchlose Verbrennung gesorgt wird.

Eine solche Einäscherungsanlage benötigt an Stelle von 1 kg Kohle oder Öl in brennstoffbeheizten Öfen etwa 1 kWh. Es dürfte also, von Sonderfällen abgesehen, der Betrieb mit einem elektrisch beheizten Ofen Verbrennungswerte ergeben, die mindestens zu einer Prüfung der Aufstellungsmöglichkeit eines solchen Ofens veranlassen sollten. Bekanntlich fallen die Wärmekosten bei Anlagen mit hohen Einäscherungszahlen überhaupt nicht ins Gewicht, weil durch die dichte Folge der Einäscherungen der Wärmebedarf der Anlage fast gedeckt wird. In kleineren Städten mit einer geringeren Einäscherunsszahl von 200/Jahr rechnet man in einem neuzeitlichen Einäscherungsofen mit einem Arbeitsverbrauch von etwa 160 kWh für eine Einäscherung.

Kondensatoren

DK 621.319.4

Die Firma Scherb & Schwer KG., vormals Jaroslaw, Berlin-Weißensee, hat eine neue **Kopplungskondensatorentype** (Bild 1) für leitungsgerichtete Hochfrequenz-Telephonie, Fernmessung und Fernsteuerung in Höchstspannungsnetzen für 220 kV Nennspannung herausgebracht. Der Kondensator, der eine Kapazität von 2000 cm besitzt, ist aus zwei aufeinandergestellten, in Serie geschalteten Hälften aufgebaut. Die aus ölimprägniertem Spezialpapier bestehenden zylindrischen Kondensatorwickel sind in unten topfartig geschlossene Porzellangehäuse eingebaut. Durch Verwendung zylindrischer

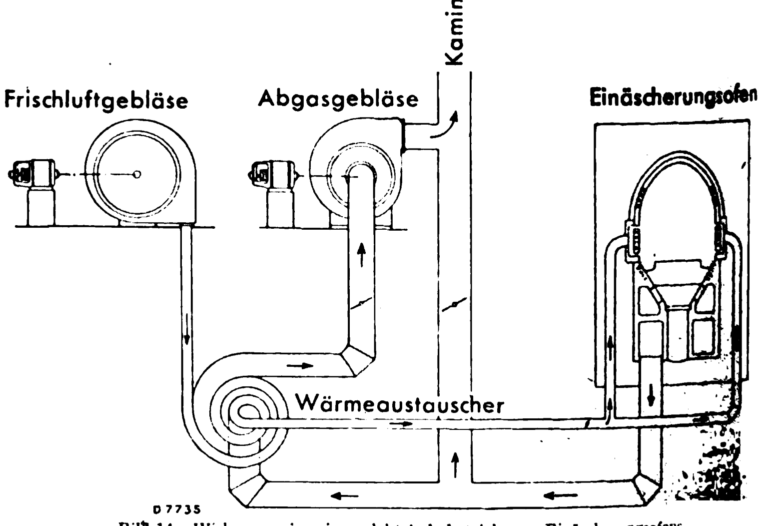


Bild 14. Wirkungsweise eines elektrisch betriebenen Einäscherungsofens.

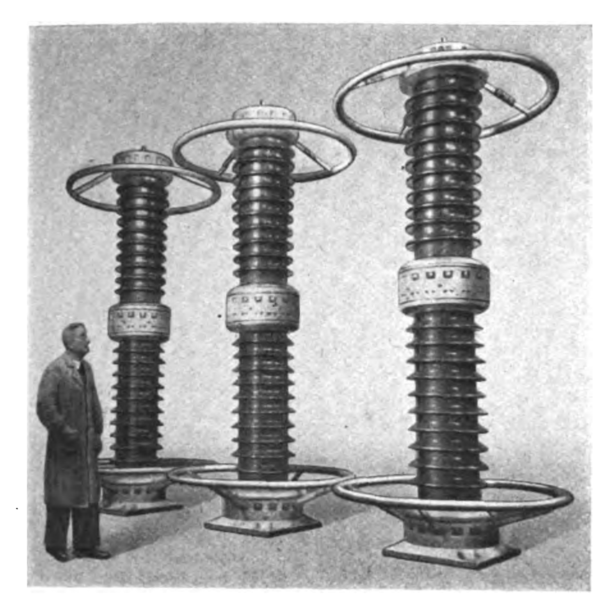


Bild 1. Kopplungskondensatoren für leitungsgerichtete Hochfrequenztelephonie, Fernmessung und Fernsteuerung. Kapazität 2000 cm, Nennspannung 220 kV.

Wickelelemente, an deren Stirnseiten die Anschlüsse für die Belegungen herausgeführt sind, ist eine verschwindend geringe Induktivität gewährleistet. Die topfartige Ausgestaltung der Porzellanbehälter gibt unbedingte Sicherheit gegen Ölaustritt. Die unbehinderte Temperaturausdehnung des Öles, das von der Außenluft vollkommen abgeschlossen ist, ist durch Einbau reichlich bemessener Ausdehnungskörper sichergestellt, ohne daß in dem Porzellangehäuse ein Über- oder Unterdruck entstehen kann. Bei der Ausbildung der Befestigungsarmaturen, die alle kittlos ausgeführt sind, ist besonderer Wert auf Austauschbarkeit gelegt. Dadurch ist es in einfachster Weise möglich, jedes Kondensatoroberteil als Unterteil und umgekehrt zu verwenden, wodurch die Lagerhaltung von Reservekondensatoren wesentlich erleichtert wird. Die Kondensatoren sind entsprechend der modernen Bauweise für Freiluftanlagen so ausgebildet, daß sie auf einem Eisengerüst aufgestellt werden können, so daß kostspielige Mastaufbauten zum Aufhängen der Kondensatoren vermieden werden. Der untere Anschluß für die Hochfrequenzleitung ist isoliert aus der Mitte des Bodens des Kondensatorgehäuses herausgeführt. Weit überragende Strahlungsringe sorgen dafür, daß bei einem etwa durch einen Blitzschlag eingeleiteten Überschlag der Lichtbogen von dem Porzellangehäuse ferngehalten wird. Für den Transport werden die beiden Hälften des etwa 3½ m hohen Kondensators auseinandergenommen, so daß sie stehend in normalen Eisenbahnwaggons oder in Lastwagen verladen werden können.

Mit der wachsenden Anwendung der drahtlosen Nachrichtentechnik, insbesondere des Kurzwellen- und Ultrakurzwellenfunkes, gewinnt die Entstörung aller elektrischen Maschinen und Apparate und damit der **Störschutzkondensator** ständig an Bedeutung und Verbreitung. Dabei werden für manche Anwendungsgebiete an den Kondensator immer höhere Anforderungen, u. a. im Hinblick auf Temperaturunempfindlichkeit, Feuchtigkeitssicherheit und oft auch Höhenfestigkeit (Vakuumdichtheit) gestellt. Diese Forderungen zwangen bei Papierkondensatoren zur Bevorzugung von Bauformen in allseitig vakuumdicht verlöteten Gehäusen. Das dabei früher etwas unangenehme Durchführungsproblem bietet keine ernsthaften Schwierigkeiten mehr, seit es der deutschen Glasindustrie gelungen ist, brauchbare Verschmelzungen von Glas mit Metall in den notwendigen knappen Abmessungen herzustellen. Die gleiche Firma ist nun nach eingehenden Betriebsversuchen einen Schritt in der Entwicklung weitergegangen, indem sie bei diesen Kondensatoren das bisher gebräuchliche, bei Raumtemperatur feste Zusatzdielektrikum, meistens Wachs oder wachsähnliche Massen, verlassen hat und dafür ein bei Normaltemperatur flüssiges Imprägniermittel, zum Beispiel Mineralöl, verwendet. Man hatte als Nachteil der Wachsimprägnierung seit langem erkannt, daß bei häufigen und starken Temperaturschwankungen Risse entstehen, die bei höheren Spannungen zu Entladungen und Durchschlägen führen. Als Abhilfe dagegen kannte man die Anwendung von dünnflüssigem Öl, doch scheute man diesen Weg wegen des bei kleinen Kondensatoren schwer ins Gewicht fallenden Aufwandes für ein öldichtes Gehäuse. Diese Bedenken fallen weg, wenn das dicht verlötete Gehäuse aus anderen Gründen, wie oben gesagt, ohnehin erforderlich ist.

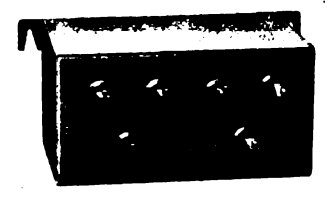


Bild 2. Störschutzkondensator mit Glasdurchführungen vakuumdicht verlötet.

Bild 2 zeigt einen neuen Störschutzkondensator mit Glasdurchführungen. Sie können für Betriebstemperaturen zwischen — 60 und + 80° C bei einem Luftdruck bis herab zu 100 Torr und für jede Beanspruchung durch Feuchtigkeit hergestellt werden. Sie sind deshalb außer für große Höhen beispielsweise auch für die Tropen brauchbar.

Bekanntlich ist es in durch Phasenschieber-Kondensatoren kompensierten elektrischen Anlagen erforderlich, bei wesentlichen Belastungsänderungen die Leistung der Kondensatorenbatterie jeweils anzupassen. Geschieht das nicht, so drohen bei Unterkompensierung tarifliche Nachteile und mangelhafte Entlastung, bei Überkompensierung Überspannungen und insbesondere Schäden an den Glühlampen, bei gewissen Stromtarifen auch Strafgebühren. Abgesehen von dem Fall der Einzelkompensierung der elektrischen Maschinen müssen also nach Bedarf Kondensatoren zu- oder abgeschaltet werden. Das kann von Hand geschehen, wenn sowohl geeignetes Bedienungspersonal als auch die notwendigen Meßinstrumente vorhanden sind. Trifft das nicht zu, so empfiehlt sich sehr die Anwendung der automatischen Steuerung. Die Firma Scherb & Schwer KG., vorm. Jaroslaw, Berlin, hat der Entwicklung solcher Steuerung seit langem ihr besonderes Augenmerk gewidmet und eine **Kondensator-Steuertafel** auf den Markt gebracht, die sich in nunmehr jahrelangem Betrieb in zahllosen Anlagen auf das beste bewährt hat. Als wesentliches Element enthält sie einen Blindleistungs-Begrenzer, der im Grunde eine Art Blindverbrauchszähler mit einem Nockenschaltwerk zum aufeinanderfolgenden Kippen von Quecksilberschaltröhren an Stelle des Zählwerkes darstellt. Durch die Röhren werden die Steuerstromkreise der Kondensatorschütze ein- oder ausgeschaltet. Das Gerät legt jeweils so viele Kondensatoren an das Netz, daß die induktive Komponente der Leistung, d. h. die induktive Blindleistung einen bestimmten frei wählbaren Betrag nicht überschreitet. Damit kann also auch der Kleinstwert des Leistungsfaktors festgelegt werden, solange die Wirkleistung den bei der Projektierung angenommenen Wert nicht übersteigt. Eine einstellbare Anlaufhemmung verhindert dabei das Pumpen.

Bild 3 zeigt eine ausgeführte Anlage, bei der vier Kondensatoren gesteuert werden. Ausführbar sind jedoch Geräte bis zu 15 Stufen. Die Erfahrung hat gezeigt, daß die Kondensator-Steuertafeln durch ihren einfachen und soliden Aufbau, durch ihr zuverlässiges Arbeiten und durch die auch ohne Mithilfe von Spezialisten durchführbare Montage eine wertvolle Ergänzung von Kondensatorenbatterien bilden. Da sie den Betriebsingenieur der Notwendigkeit entheben, die Kondensatoren zu überwachen und zu bedienen und auch selbst keiner Wartung bedürfen, tragen sie wesentlich dazu bei, die betriebswirtschaftlichen Vorteile von Phasenschieber-Kondensatoren voll zur Auswirkung gelangen zu lassen.

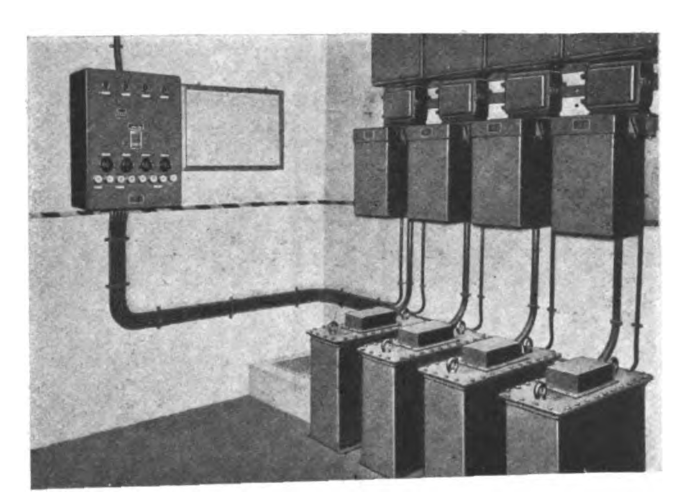


Bild 3. Automatische Kondensatorenbatterie mit Steuertafel.

Lichttechnik

DK 628.9 : 621.32

Der Krieg hat den Aufgabenkreis der Beleuchtungsindustrie nach keiner Richtung hin eingeengt. Auch die Verdunkelung ändert nichts an der Notwendigkeit „richtiger" Beleuchtung, um so mehr, als die gestiegenen Ansprüche an die Leistungsfähigkeit vieler Betriebe Mehrschichtenarbeit nötig macht, die ohne ausreichende künstliche Beleuchtung überhaupt nicht bewältigt werden könnte.

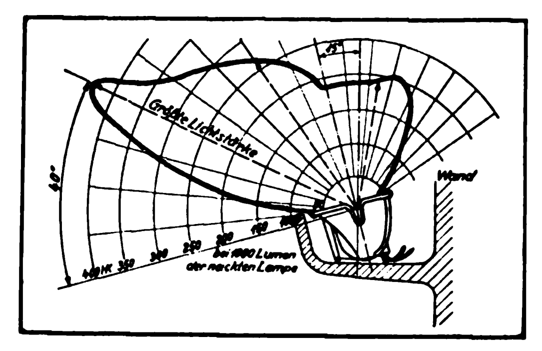


Bild 1. Lichtverteilungskurve der Spiegelrinne.

Die **Spiegelrinne,** ein Erzeugnis des Goerzwerkes der Zeiss Ikon AG., Berlin, ist eine vielseitig verwendbare Spiegelleuchte. Das sehr niedrige Gerät wurde für die reine Indirektbeleuchtung aus Gesimsen, also mit verdeckten Leuchten, entwickelt und hat zu wirtschaftlichen und befriedigenden Lösungen der Beleuchtung von festlichen Räumen, Lichtspieltheatern und dergl. geführt. Die Spiegelrinne ist ein Bauelement, das zu ästhetisch befriedigenden Lösungen der mannigfaltigsten Beleuchtungsaufgaben herangezogen werden kann. Die Lichtverteilungskurve (Bild 1) zeigt, daß der Spiegelrinne ein rechteckiges Leuchtfeld eigentümlich ist, dessen eine Schmalseite mit dem Gerät zusammenfällt. Die so gewonnene bevorzugte Strahlrichtung in Verbindung mit der verhältnismäßig hohen Bestückungsmöglichkeit gestattet eine befriedigend gleichmäßige Ausleuchtung umfangreicher Deckenflächen. In der ursprünglichen Ausführung unter der Typenbezeichnung JPr 1 bestand die Zeiss Spiegelrinne aus einem verspiegelten, rinnenförmigen Glaskörper mit Metallseitenflächen und einer schweren Metallhalterung. Auf der Suche nach einer Möglichkeit, den verhältnismäßig hohen Metallverbrauch zu umgehen, gelang die ebenso einfache wie zweckmäßige Lösung einer grundlegenden Änderung der Herstellungsweise. Die neue Spiegelrinne JPr 3 besteht aus einem massiven, gepreßten Glaskörper (Bild 2), der an zwei Metallwinkeln schwenkbar eingebaut werden kann. In Gesimsen kann das Gerät sogar ohne jede Halterung einfach aufgestellt werden. Angepreßte Glasfüße halten es in der am meisten gebräuchlichen Neigung zur auszuleuchtenden Fläche (Lichtmaximum etwa 25° gegen die Horizontale) zuverlässig fest. Die Spiegelrinnen können solcher Art sehr eng aneinander gereiht werden (bis zu drei Geräten je laufenden Meter), sofern höhere Beleuchtungsleistungen auf gleichem Raum untergebracht werden müssen. In der Regel werden etwa 2½ Geräte je laufenden Meter gerechnet, und die unverspiegelten Seitenwände des Glaskörpers sorgen für erhöhte Gleichmäßigkeit, da das dort austretende Licht die Übergänge zwischen den einzelnen Spiegelrinnen aufhellt.

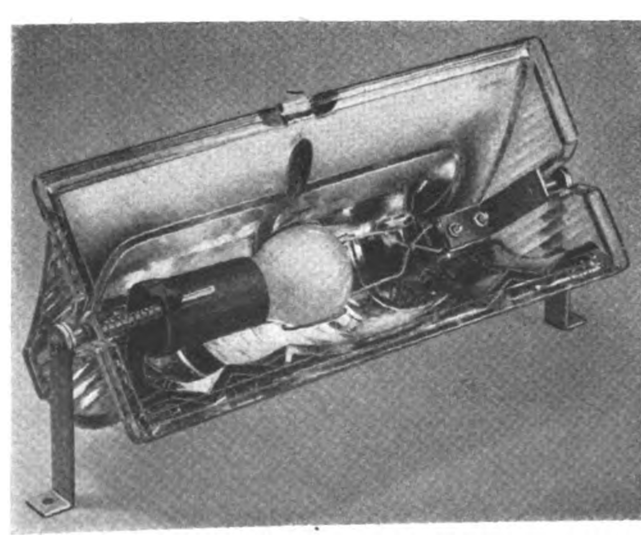


Bild 2. Spiegelrinne für reine Indirektbeleuchtung.

Die neue Ganzglasausführung gewährleistet daher in jedem Fall streifenfreie Decken. Zu den entwickelten Neuerungen an der JPr 3 gehört schließlich die selbsttätige Glühlampeneinstellung, die in Form einer Feder um den Lampenkolben den Glühfaden stets im Brennpunkt des Spiegels hält.



Bild 3. Spiegelleuchte für weite und hohe Werkhallen.

Die gleiche Firma hat ebenfalls der Entwicklung von Zweckleuchten für die Betriebsbeleuchtung besondere Aufmerksamkeit geschenkt und bei ihren Neuschöpfungen und Änderungen die herrschende Rohstofflage weitestgehend berücksichtigt. Die neuen Zeiss **Spiegelleuchten** JG 43 und JZ 43 (Bild 3) sind typische Beispiele dafür, daß bei größter Materialersparnis Geräte entstehen, die allen Anforderungen genügen. In unserem Falle handelte es sich darum, hochbestückbare Leuchten für weite und hohe Werkhallen zu schaffen, in denen bisher vielfach ganz ummantelte Glocken- und Zonenspiegelleuchten benutzt wurden, die eigentlich für die Außenbeleuchtung bestimmt waren. Die neuen Typen wurden für eine Bestückung mit 300 bis 500 W entwickelt und werden in Kürze um niedriger bestückbare erweitert. JG 43 und JZ 43 haben mit den Außenleuchten AG 38 und AZ 38, aus denen sie entstanden sind, den Spiegelkörper gemeinsam. Auf die Ummantelung aber wurde verzichtet, da der silberhinterlegte Glasspiegel, der durch eine Kupfer- und verschiedene Lackschichten gegen mechanische und chemische Einflüsse zuverlässig geschützt ist, in dieser Form allen Ansprüchen genügt, die an eine Innenleuchte gestellt werden können. Die aluminiumfarbene Halterung trägt neben dem Spiegelkörper über drei Haltestangen einen metallenen Abschlußring, an dem wiederum das seidenmatt geätzte Abschlußglas befestigt ist. Diese neuartige Befestigung entlastet den Spiegelkörper. Im Oberteil sorgt ein Kranz von verdeckten Löchern für die Entlüftung. Die Spiegel sind für verschiedene Glühlampeneinstellungen eingerichtet; deutliche Marken an der Fokusierstange verweisen auf die möglichen Änderungen in der Einstellung unter Berücksichtigung der verschiedenen Glühlampen. Diese veränderliche Spiegeleinstellung gestattet es, das Gerät der vorhandenen Beleuchtungsaufgabe anzupassen.

Die Werkplatzleuchte gehört zur unerläßlichen Ausrüstung eines Werkplatzes oder einer Maschine. Maßgebend für Brauchbarkeit und Anwendungsmöglichkeit sind die Tragorgane mit ihren Befestigungsmöglichkeiten. Für diesen Zweck haben sich **Vielgelenkarme** seit vielen Jahren bewährt und eingeführt. Von einem Vielgelenkarm wird in der Praxis eine beinahe unbegrenzte Verstellbarkeit gefordert, die an die Gelenke selbst naturgemäß hohe Ansprüche stellt. In den Gelenken werden

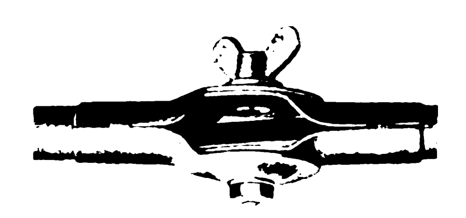


Bild 4. Achsenloses Gelenk eines Vielgelenkarmes.



insbesondere die Zuleitungskabel, die zumeist in einer Schleife über die Achse des Gelenks geführt werden, übermäßig beansprucht. Von diesen Stellen gehen daher mitunter Leitungsbrüche aus, ganz abgesehen davon, daß die Kabelschlinge die Beweglichkeit des Gelenkes nachteilig hemmt. Die neuen Vielgelenkarme der Zeiss Werkplatzleuchten wurden daher mit **achsenlosen Gelenken** ausgerüstet (Bild 4). Bei dieser Neuausführung liegt das Zuleitungskabel frei im Gelenk, das nach jeder Richtung beweglich bleibt. Die großflächigen Gelenkscheiben, die vom Werk aus zügig eingestellt werden, halten die Arme in jeder gewünschten Lage zuverlässig fest.

Auch bei der Fa. Körting & Mathiesen AG., Leipzig-Leutzsch, hat eine ununterbrochene Weiterarbeit auf lichttechnischem Gebiete stattgefunden. Sie hat sich besonders die Weiterentwicklung ihrer bewährten **Schreibtisch-Leuchten** angelegen sein lassen. Es sind eine Anzahl neuer Typen entstanden mit vorwiegend heimischem Rohstoff. Alle haben das gleiche Metallteil, an dem wahlweise verschiedene Reflektoren aus Stahlblech, Glas oder Preßstoff befestigt werden können. Einheitlich haben alle einen Fuß aus Preßglas, ein neuartig durchgebildetes Kugelgelenk mit Preßstoffkugeln, einen eingebauten Druckschalter im Fuß, ein 13 mm starkes Auslegerrohr und ein geschlossenes Reflektorkugelgelenk mit Preßstoffkugel. Der Druckschalter wird im Glasfuß mit einer Metallmutter festgeschraubt, die von einer Ziermutter aus Preßstoff verdeckt wird. Um den verschiedensten Geschmacksrichtungen Rechnung zu tragen, werden die Schreibtisch-Leuchten in mehreren Farben ausgeführt, und zwar dunkelgrün, braun und sandfarbig. Daran können Stahlblechreflektoren in entsprechender Farbe, dunkelgrün oder champagnerfarbig überfangene Glasreflektoren, elfenbeinfarbig oder marmorierte, lichtdurchlässige Preßstoffreflektoren oder ein schwarzer, innen aluminiumgespritzter Preßstoffreflektor angesetzt werden.

Auch die **Gelenkleuchten** sind weiter entwickelt worden. Sie sind im Aufbau völlig gleich bis auf die verschiedenen Längen der Tragarme. Dom und Reflektor sind nicht wie bisher aus einem Stück gezogen, sondern an dem Dom können wahlweise drei verschieden große Reflektoren angesetzt werden. Zu deren Befestigung wird ein Haltering in das unten am Leuchtendom vorgesehene Gewinde eingeschraubt, so daß der Reflektor fest zwischen Haltering und Dom sitzt. Das Fußgelenk und das Reflektorgelenk sind Kugelgelenke mit Preßstoffkugel. Das Kniegelenk zwischen unterem und oberem Tragarm ist als geschlossenes, mit Hilfe einer Hebelmutter nachstellbares Gelenk ausgebildet. Zum Anschluß ist ein neues Klemmengehäuse aus Preßstoff mit Zugentlastung vorgesehen. Für die Anwendung der zur Zeit wirtschaftlichsten Lichtquelle, der Natriumdampflampe, sind zwei Arten von **Mischlichtleuchten** eingeführt worden, bei denen die Natriumdampflampe zusammen mit Glühlampen gebrannt wird. Die eine Leuchtenart enthält zwei Fassungen für eine Natriumdampflampe und eine Glühlampe, die gleichzeitig als Vorschaltung für die Natriumdampflampe arbeitet und so die Drosselspule entbehrlich macht. Die andere Art enthält drei Fassungen, wobei die dritte Fassung für eine zusätzliche normale 220 V-Glühlampe bestimmt ist, womit das Mischungsverhältnis verändert bzw. der Anteil an Glühlampenlicht erhöht werden kann.

Für die Beleuchtung von Krankenzimmern werden neue **blendungsfreie Leuchten** angeboten, die eine nach unten konisch verlaufende, geschlossene Glocke aus Opalüberfangglas haben, die oben mit einer innen mattierten Glasglocke abgedeckt wird. Eine Ausführung der Leuchten ist mit zwei getrennt schaltbaren Fassungen ausgerüstet. Dabei ist der Innenraum der Leuchte durch einen Reflektor in einen oberen und einen unteren Raum geteilt. Unten sitzt die Fassung für die Hauptbeleuchtung und oben die Fassung für eine schwache, indirekte Nebenbeleuchtung. Letztere kann zur Orientierung im Raum eingeschaltet werden, ohne den Kranken zu stören.

Auch die **Sicherheitssperrkupplungen** haben eine wesentliche Verbesserung erfahren, um die Möglichkeit des Festsitzens der Seilentlastung durch Schmutz oder Vereisung unmöglich zu machen. Das Kurvenstück ist jetzt fest am Oberteil angebracht, während der Tragstift an einem beweglichen Hebel am Unterteil sitzt, wodurch Schmieren und Sauberhalten des beweglichen Teiles beim Herablassen der Leuchte möglich ist. Bei dieser neuen Konstruktion kann auch dann störungsfrei gekuppelt werden, wenn der Hebel durch Schmutz oder Eis in seiner Bewegung gehindert werden sollte, da nur noch ein Drehpunkt vorhanden ist, gegenüber den großen Reibungsflächen eines beweglichen Kurvenstückes der älteren Ausführung.

Aus dem Fabrikationsprogramm der G. Schanzenbach & Co. GmbH., Frankfurt a. M., seien zunächst die neuen **explosionsgeschützten elektrischen Leuchten erwähnt.** Nach den zu erwartenden Vorschriften für explosionsgeschützte Betriebsmittel VDE 0171 können die Leuchten auch in „Bauart druckfeste Kapselung" ausgeführt werden. Eine solche Ausführung zeigt Bild 5, wobei Glühlampenraum und Anschlußraum druckfest gekapselt ausgeführt sind. Es werden hiervon zwei Größen hergestellt für eine Glühlampenleistung bis 60 W und bis 200 W. Gummi, Kitt usw. sind vermieden. Der Explosionsschutz ist durch die über 25 mm langen und sehr engen Spalte gewährleistet. Schon beim Lockern einer der beiden Verschlußschrauben wird der Stromkreis sofort unterbrochen. Die Leuchte kann nur geöffnet werden, wenn die Fassung der Glühlampe spannungslos ist. Ebenso ist die Verriegelung in der Weise getroffen, daß die Leuchte erst dann wieder brennen kann, wenn die letzte Schraube festgezogen ist, und gewährt daher höchste Sicherheit auch bei besonders schwierigen Verhältnissen. Die Leuchten sind verwendbar für alle drei Explosionsklassen und für alle Zündgruppen von A bis D bei entsprechender Bestükkung, welche auf einem beigegebenen Schildchen abzulesen ist.

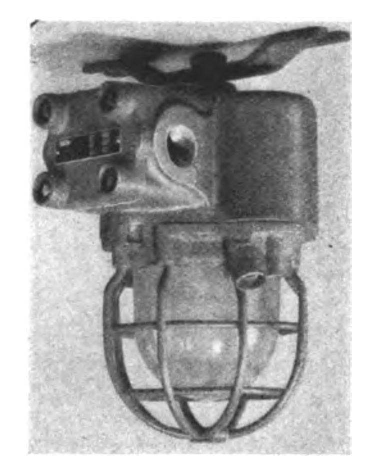


Bild 5. Explosionsgeschützte druckfeste Leuchte.

Weiter wurde eine neue **explosionsgeschützte Steckvorrichtung** entwickelt, bei welcher Dose und Stecker im Prinzip der bekannten Steckvorrichtung 15 A, 380 V nach DIN VDE 9450/51 entsprechen. Lediglich die Gehäuse von Dose und Stecker haben eine kleine Änderung erfahren, um zu verhindern, daß normale Stecker nach DIN VDE 9451 in diese explosionsgeschützte Dose eingeführt werden können. Hierin paßt also nur der für diese Spezialdose vorgesehene Stecker. Gleichzeitig läßt sich jedoch dieser Stecker in alle normalen Steckdosen 15 A, 380 V nach DIN VDE 9450 einführen. Dadurch wird erreicht, daß explosionsgeschützte Geräte, welche an diese Stecker angeschlossen sind, sowohl an die explosionsgeschützte Steckdose als auch an jede andere an nicht explosionsgefährdeten Orten befindliche normale Steckdose, welche nach DIN VDE 9450 gebaut ist, angeschlossen werden können. Normale Stecker nach DIN VDE 9451 dagegen passen nicht in die explosionsgeschützte Steckdose. Es wird hierdurch verhindert, daß nicht explosionsgeschützte Geräte an explosionsgefährdeten Orten verwendet werden können. Der Aufbau der Dose ist in der Weise durchgeführt, daß in gestecktem Zustand die Steckerstifte druckfest gekapselt sind. Die Verriegelung geschieht zwangsweise durch einen ebenfalls druckfest gekapselten Hubschalter (Bild 6).



Bild 6. Explosionsgeschützte Schaltsteckvorrichtung.

Fast alle lichttechnische Probleme lassen sich mit den drei hauptsächlichsten Lichtverteilungen, der direkten, der vorwiegend direkten und der vorwiegend indirekten, lösen. Der Firma Sistrah-Licht GmbH., Stuttgart, ist es gelungen, die Verschiedenheit der Lichtverteilung einfach durch Veränderung der zur Verwendung kommenden Glasart zu erreichen, ohne daß dabei das äußere Aussehen der Leuchte sich ändert. Dies ist ganz besonders wichtig, wenn die gewünschte Beleuchtungswirkung es verlangt, daß die verschiedenen Lichtverteilungen in einem Raum zur Anwendung kommen. Bei der **Type für direktes Licht** ist der Oberschirm aus innen weiß emailliertem

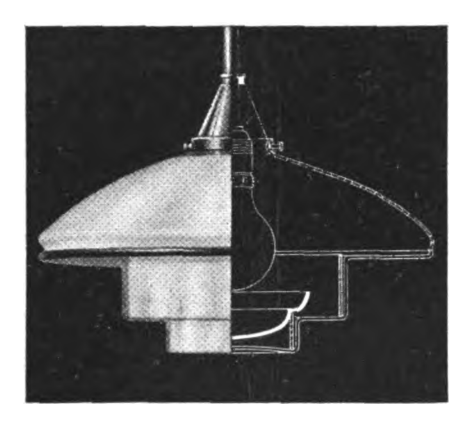


Bild 7. Leuchte für vorwiegend indirekte Strahlung.

Stahlblech, so daß der gesamte auffallende Lichtstrom nach unten reflektiert wird. Abgeschlossen ist die Leuchte nach unten durch die bereits überall bekannte Stufenglocke, in die in sinnvoller Weise Opalglasringe eingesetzt sind. Hierdurch wird die Blendung durch die nackte Glühlampe vermieden, ohne daß die Lichtausstrahlung nach unten, die ja nur durch die waagerechten Klarglasteile der Stufen stattfindet, behindert wird. Um für die verschiedenen Glühlampengrößen die richtige Einstellung vornehmen zu können, ist eine Einstellvorrichtung vorhanden.

Als weitere Type hat die für **vorwiegend indirekte Strahlung** eine ganz besondere Bedeutung, da sie die Arbeitsplatzanordnung zum größten Teil unabhängig von der Beleuchtung macht und dabei nicht ganz auf die für den Sehvorgang wichtigen Schattenwirkungen verzichtet. Hier wird der Oberschirm aus sandstrahlmattem Glas gebildet, der somit größte Durchlässigkeit aufweist, wodurch die Decke kräftig beleuchtet wird. Weiterhin ist die Abdeckschale aus massivem Opalglas, so daß zusätzlich eine Kräftigung der Ausstrahlung nach oben, durch Reflexion, eintritt. Die Ausstrahlung nach unten wird aber geschwächt (Bild 7).

Die Starkstrombeleuchtung untertage unterscheidet sich in der Hauptsache durch zwei verschiedene Verlegungsarten: Die ortsfeste Anlage für Füllorte und ausgebaute hohe Strecken und die ortsbewegliche Anlage für die stets vortreibenden Abbaustrecken. Die Armaturen für diese Anlagen sind dem Verwendungszweck entsprechend verschieden ausgebildet.

Die **Füllortleuchten** der Firma Friemann & Wolf GmbH., Zwickau i. Sa. (Bild 8), tragen den großen Räumlichkeiten und Lichtanforderungen der Füllorte Rechnung und sind so ausgeführt, daß sie mit 300, 500 und 1000 W-Glühlampen bestückt werden können. Das Gußgehäuse ist dabei für Glühlampen jeden Wattbereichs das gleiche, lediglich die Glasglocke ist der Größe der Glühlampe entsprechend gewählt. Zweckmäßig werden diese Leuchten mit Flach- oder Tiefstrahler versehen, um örtlich begrenzte, dafür aber um so intensivere Beleuchtung zu erhalten. Die aus Klar- oder Opalglas bestehende Schutzglocke wird durch einen kräftigen Drahtkorb geschützt. Besonders vorteilhaft ist der Verschluß des Leuchtengehäuses ausgeführt, das aus schwenkbaren, mit Dreikantmuttern versehenen Bügeln besteht. Diese gewähren einen sicheren Schutz gegen unbefugtes Öffnen, ermöglichen aber andererseits schnelles und vollkommenes Öffnen des Leuchteninnern.



Bild 8. Füllortleuchte für 1000 Watt-Lampen.

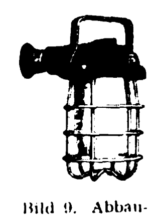


Bild 9. Abbauleuchte.

Die **Abbauleuchten** (Bild 9) gleichen in Form und Aufbau den Streckenleuchten, sind nur noch leichter ausgeführt und für kleinere Leistungen, meist nur bis zu 60 W, vorgesehen. Diese Ausführungsart ist durch das häufige Umlegen des Beleuchtungsstranges, was in dem ständig vorwärtsschreitenden Abbau erforderlich ist, und die Gefährlichkeit der Abbaue bedingt. Bekanntlich werden die Abbauleuchten nicht fest verlegt, sondern in einen beweglichen Kabelstrang eingebaut, der wiederum durch Spezial-Steckvorrichtungen in Einzelstränge unterteilt ist. Der gesamte Kabelstrang ist durch einen schlagwettersicheren Schalter abschaltbar.



Bild 10. Steckvorrichtung mit Leistungsschalter.

Die **Steckvorrichtung** (Bild 10) für Lichtstromkreise untertage besitzt einen Schalter, der mit den Steckkontakten derart verriegelt ist, daß das Einsetzen und Ziehen der Steckvorrichtung nur bei offenem Stromkreis, also bei stromlosen Steckkontakten erfolgen kann. Der in der Steckdose untergebrachte Schalter wird durch einen drehbaren Gehäusemantelteil des Steckers betätigt, der in einen Ringkanal der Steckdose eintaucht. Die dabei übergreifenden Mäntel des Steckers und der Dose schließen den Innenraum der Steckvorrichtung während des Schaltens schlagwettersicher ab, so daß etwaige im Innern vorkommende Explosionen sich nicht nach außen fortpflanzen können.

Die Maßnahmen des Luftschutzes machen häufig eine Notbeleuchtung erforderlich, sei es für die Beleuchtung verdunkelter Wege und Straßen unter Benutzung einer Handlampe, sei es für die Erhellung von Räumen durch netzunabhängige Leuchten. Da unter Umständen mit einer Unterbrechung der öffentlichen Stromversorgung gerechnet werden kann, ist es zweckmäßig, stets vollkommene Anlagen mit eigener Stromquelle für Notlicht, sowie auch für die Betätigung elektrischer Warnanlagen bereitzuhalten. Der Grundforderung der steten Betriebsbereitschaft entspricht besonders der Stahlsammler, der ohne jegliche Wartung monatelang in geladenem Zustand gelagert werden kann, ohne nennenswert an Kapazität zu verlieren. Zudem ist der Stahlsammler äußerst unempfindlich gegen Stoß und Schlag und auch gegen Überladungen und zu starke Entladungen, so daß er gegen unsachgemäße Behandlung durch Laienhand ungleich widerstandsfähiger ist als die bekannten Bleisammler. Die Aufladungen finden in der gleichen Weise wie bei Bleisammlern statt. Die **Handlampen** (Bild 11) mit Nickel-Cadmium-Sammler der Firma Friemann & Wolf, Zwickau i. Sa., sind leicht und bequem tragbar. Ein Schraubschalter gestattet die Einschaltung eines Dauerlichtes, während mit Hilfe eines Druckschalters geblinkt werden kann. Mittels zweier an der Vorderseite neben dem Scheinwerfer angebrachter Hebel ist außer farblosem Licht wahlweise die Einstellung roten bzw. blauen Lichtes möglich. Die Lampe wird auch nur mit einer blauen Vorschaltscheibe und dem Dauerschalter hergestellt. Lampen dieser Art mit wesentlich größerer Leistung, die vorwiegend als Scheinwerfer benutzt werden, besitzen verschiedenfarbige Vorsteckscheiben. Weiter ist eine **Wandlampe** zu erwähnen, die vorwiegend zur Beleuchtung von Schutzräumen oder als Richtlampe zu verwenden ist und bei der die Ein- und Ausschaltung der Glühlampe durch Drehen des Reflektors erfolgt.



Bild 11. Handlampe



Eine besondere Stellung in der Notbeleuchtung nimmt die **Relaislampe**, ebenfalls mit Nickel-Cadminum-Sammler, ein. Diese Lampe, die ebenfalls als tragbare Handlampe benutzt werden kann, besitzt zusätzlich ein Relais, welches den Stromkreis der Lampe in Abhängigkeit von der Netzspannung schaltet. Die Relaislampe wird in eingeschaltetem Zustand mittels eines Steckers an das vorhandene Leitungsnetz gelegt. Steht das Netz unter Spannung, so verlischt die Lichtquelle der Lampe; bleibt dann jedoch die Netzspannung durch gewolltes oder ungewolltes Abschalten des Netzes aus, so wird durch das Relais selbsttätig der Lampenstromkreis wieder eingeschaltet, und ein Notlicht brennt.

Geräte für Werkstatt und Montage

DK 621.9

Der **Elektro-Knabber** von C. & E. Fein, Stuttgart, ist ein neuartiges Elektrowerkzeug, das für alle Blech verarbeitenden Betriebe als wertvoller Helfer in Betracht kommt (Bild 1a). Mit ihm können stark verformte Blechteile, ferner die kleinsten Krümmungen, wie sie bei Rohren, Hauben, Autokofferteilen, Profilen und dergleichen vorkommen, geschnitten werden. Auch die Herstellung kleinster Öffnungen macht keinerlei Schwierigkeiten. Der Schneidvorgang des Elektro-Knabbers erfolgt wie bei einer Stanze. Der Werkzeugkopf ist mit einer Matrize, sowie einem Stanzmesser versehen und schneidet laufend kleine sichelförmige Teile aus dem zu bearbeitenden Werkstück heraus. Hierbei entsteht ein gratfreier Nutenschnitt, ohne die Blechränder oder die Schneidkante zu verletzen. Aus diesem Grund lassen sich auch lackierte Bleche ohne Beschädigung der aufgetragenen Farbe zuschneiden.

Die Elektro-Knabber werden in zwei Ausführungen hergestellt, die sich aber nur in der Art der Schnittrichtung voneinander unterscheiden. Die Bauart RSs 43 schneidet richtungsgemäß in Verlängerung der Motorachse, während die Bauart RSs 43—1 mit Schnittrichtung quer zur Motorachse arbeitet. Letztere Maschine ist zum Trennen von handelsüblichem flachem Wellblech über 70 mm Wellenentfernung (Bild 1b) und zum Herausschneiden vollkommen kreisrunder Öffnungen (Bild 1c) bei Verwendung eines verstellbaren Zirkels geeignet. Zum Schneiden enger Wellbleche ist eine besondere Matrize erforderlich. Unter Benutzung eines Fußes mit Halteschelle ist der Elektro-Knabber auch für ortsfeste Anordnung verwendbar (Bild 1d).

Der Universalmotor für Gleich- und Wechselstrom besitzt eine Nennleistung von 80 W und bei Betrieb mit Wechselstrom eine durch Bremsungen festgestellte Höchstleistung von 150 W. Bei letzterer ist das Drehmoment etwa 3,2 mal so groß als bei Nennleistung. Die Maschine hat also eine für den Verwendungszweck sehr erwünschte große Überlastbarkeit. Bei Betrieb mit Gleichstrom ist letztere noch größer. Der sehr wirksam belüftete Motor besitzt Kugellagerung. Das Untersetzungsgetriebe läuft in Fett und ist wie alle anderen festen und beweglichen Teile aus bestem Werkstoff gefertigt und in sehr kräftiger Ausführung gehalten. Matrize und Messer sind leicht auswechselbar angeordnet, so daß sie bequem ersetzt bzw. zum Nachschleifen ausgebaut werden können. Das 5 mm starke Stanzmesser macht ungefähr 1300 Schnitte in der Minute, und man erzielt bei geradem Schnitt in Eisenblech von 1,2 mm Stärke eine Leistung von etwa 1 m Schnittlänge in der Minute.

Die **Schweißgeräte,** die für den Montagegebrauch in der Elektrotechnik von der Fa. Fernholz-Apparate, Berlin SW 68, auf den Markt gebracht werden, sind überaus handlich. Ein solches Gerät, wie es z. B. für die Montage von Al-Fernsprechkabeln verwendet wird, ist in einem Kästchen von 33 cm Höhe, 16 cm Breite und 19 cm Tiefe untergebracht. Der Inhalt der beiden Gasflaschen ist hierbei zum Verschweißen von etwa 600 Aderverbindungen ausreichend. Die gesamte Apparatur nimmt also im Werkzeugbestand des Monteurs nicht mehr Raum ein als eine Lötlampe. Jeder Monteur, der einmal den handlichen, leichten nur 185 g wiegenden Brenner eines solchen Schweißgerätes in der Hand hatte, wird sich von der Einfachheit dieser Arbeitsweise überzeugen. Dadurch wird auch der mit der Reibelötung verbundene Verbrauch von devisenpflichtigen Loten vermieden. Die kleinen Schweißgeräte für die Montage von Al-Fernsprechkabeln arbeiten mit Propan und Sauerstoff. Das Flüssiggas Propan steht bei normalen Temperaturen unter dem geringen Druck von etwa 6 bis 8 atü. Da der Heizwert des Gases ein sehr hoher ist, kann die sauber brennende Flamme so klein eingestellt werden, daß auch bei dünnen Drähten eine genaue Flammenführung möglich ist und ein Verbrennen der Papierisolierung vermieden wird.

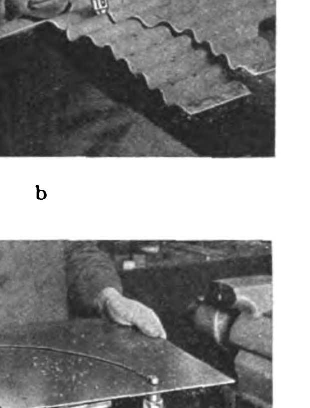
Auch für die **Autogenschweißung von Starkstromkabeln** ist von der gleichen Firma in Zusammenarbeit mit dem Kabelwerk der AEG ein handliches Montagegerät entwickelt worden. Die gesamte Anlage (einschließlich Sauerstofflasche) ist in einem Transportkasten (Bild 2) von den Abmessungen 56 × 34 × 16 cm untergebracht und wiegt nur etwa 20 kg. Mit dem Gerät lassen sich alle im Al-Starkstrom-Kabelbau vorkommenden Schweißungen ausführen. Die Abmessungen des gebrauchsfertigen Gerätes sind so gehalten, daß ein bequemes Arbeiten auch unter ungünstigen und beengten Raumverhältnissen, wie in Muffengruben und auf Masten, möglich ist. Das Arbeiten mit dem Brenner ist gefahrlos und einfach; es läßt sich von jedem Monteur in kurzer Ausbildungszeit erlernen. Der Spezial-Sicherheitsbrenner wird mit flüssigen Kraftstoffen (Benzol, Benzin, Petroleum, Gasolin, Tetralin usw.) und Sauerstoff



a

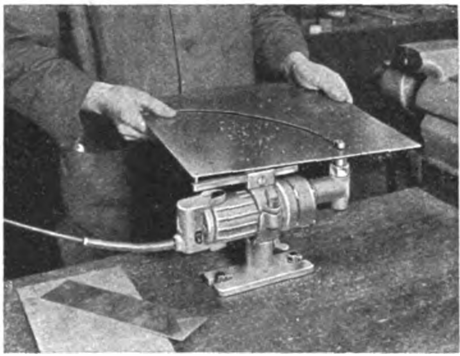


b





c



d

a Schneiden stark gekrümmter Autokofferbleche
b Schneiden von Wellblech mit RSs 43 — 1
c Ausschneiden einer kreisrunden Öffnung mit RSs 43 — 1 und Zirkel
d Feststehende Anordnung des Elektro-Knabbers RSs 43 — 1 mit Zirkel

Bild 1. Der Elektro-Knabber in seinen verschiedenen Verwendungszwecken.



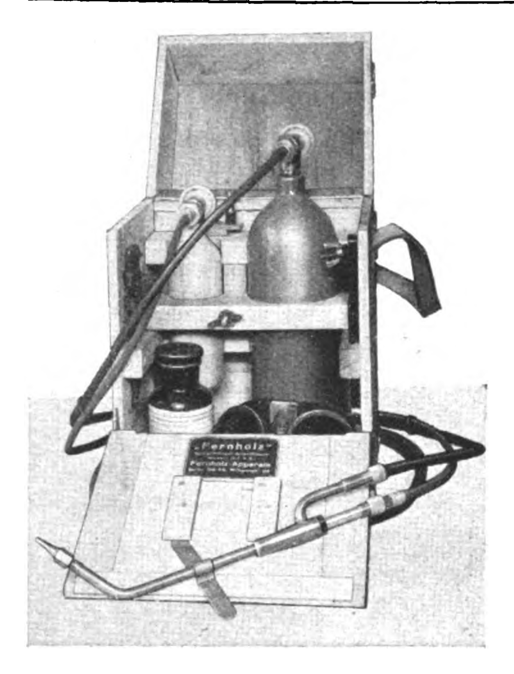


Bild 2. Montagegerät zur Autogenschweißung von Starkstromkabeln.

betrieben. Der Handgriff des Brenners ist als Behälter für 400 g Brennstoff, ausreichend für etwa 30 Schweißungen von Muffenverbindungen, ausgebildet. Die Temperatur der gleichmäßig und sauber brennenden Schweißflamme beträgt etwa 2500° C. Auf den Brennerkopf lassen sich Spitzdüsen verschiedener Größe und auch Doppelbrenner für Massivschmelzungen und Muffenverbindungen aufschrauben. Da bei allen Schweißungen als Zusatzwerkstoff kein Fremdmetall, sondern nur Reinaluminium (Leitermaterial) verwendet wird, ist die chemische Beständigkeit der Verbindungsstellen eine sehr gute, und Korrosionserscheinungen, wie sie bei Weichlötungen auftreten, sind nicht zu befürchten. Auch im Betriebe auftretende thermische Beanspruchungen können die Güte der Verbindungsstellen nicht verschlechtern. Bei allen Schweißungen wird die volle Leitfähigkeit und ausreichende mechanische Festigkeit erreicht.

Beim Arbeiten in kleineren geschlossenen Räumen, z. B. in Kesseln, Bunkern, beim Bau von Schiffen usw., machen sich Schweißdämpfe und Dämpfe aller Art, Restgase sowie Staube mitunter sehr unangenehm bemerkbar. Es handelt sich hierbei meist um solche Fälle, die an verschiedenen Stellen im Betriebe und nur kurzzeitig auftreten, so daß eine fest eingebaute Lüftungsanlage unwirtschaftlich ist. Für diese Zwecke wurde von den Siemens-Schuckertwerken ein tragbarer **Elektrolüfter** (Bild 3) entwickelt, der nicht nur ein Absaugen von Dämpfen usw., sondern auch eine Frischluftzufuhr gestattet. Diese wird man dann anwenden, wenn die den Menschen schädigenden Gase, Dämpfe oder Staube schlecht erfaßt werden können, bzw. die beim Absaugen nachströmende Luft auf ihrem Weg bis zum Arbeitsplatz bereits zu sehr verunreinigt wird.

Das Absaugegerät besteht aus einem Elektro-Fliehkraftlüfter in Sonderbauart mit gleichen Bajonettanschlüssen auf der Saug- und Druckseite zum einfachen Anschließen von einem oder zwei biegsamen Metallschläuchen. Beim Absaugen ist auf der Ausblaseseite ein Filtersack aus dichtem, flammsicher imprägniertem Kalmuckstoff angebracht, während die Saugschläuche drehbare Hauben erhalten. Beim Arbeiten an nur einer Stelle kann ein größerer Schlauch angesetzt und beim Betrieb an zwei Stellen gleichzeitig zwei Schläuche über ein Verteilerstück mit Absperrklappen angeschlossen werden. Wegen der Verwendung in meist rauhen Betrieben sind das Lüftergehäuse und das Flügelrad aus Stahlblech geschweißt. Für das Absaugen explosibler Gase wird das Rad nichtfunkend ausgeführt.

Die Handhabung ist äußerst einfach und kann selbst von Hilfskräften vorgenommen werden. Das Gerät wird in der Nähe des Arbeitsplatzes aufgestellt, wobei z. B. die Hauben zum Absaugen so anzubringen sind, daß die Dämpfe usw. weitgehend an der Entstehungsstelle erfaßt werden. Im Filtersack werden die schädigenden Stoffe dann niedergeschlagen, jedoch lassen sich Gase nicht mechanisch ausscheiden. Da das Gerät normalerweise nur mit Raumluft arbeitet, sind Warmluftersatz und damit erhöhte Heizungskosten im Winter nicht aufzubringen. Bei größerem Anfall von Gasen und in sehr kleinen Werkstatträumen kann die Raumluft merklich verschlechtert werden. Es empfiehlt sich dann, statt des Filtersackes einen Schlauch an den Druckstutzen des Lüfters anzuschließen und ins Freie zu führen.

Verschiedenes

DK 621.3.032.04

Im Gegensatz zu den üblichen Taschenlampen mit Trockenbatterie ist die **Taschendynamo** ein Miniatur-Stromerzeuger, der durch einen Handhebel mühelos betätigt wird (Bild 1). Durch Hebeldruck wird über ein Ritzel mit Kugelfreilauf ein Novotext-Zahnrad in Umdrehung versetzt, das seinerseits den Anker der Dynamo antreibt. Der Kugelfreilauf besteht aus drei Kugeln, die unter leichtem Federdruck stehen, so daß ein Versagen vermieden wird.

Bei der AEG-Taschendynamo wurde das Hauptgewicht auf Dauerhaftigkeit des Werkstoffs gelegt, um hohe Betriebssicherheit und lange Lebensdauer zu erreichen. Hebel, Kugelgesperre, Zahnrad, Anker und Magnet sind zwischen zwei Platinen befestigt, wie es bei Uhrwerken und anderen Federwerken üblich ist (Bild 2). Die Maßhaltigkeit der Platinenanordnung und der Kugelfreilauf bewirken ein geräuscharmes und sanftes Arbeiten der Lampe und ein gutes Nachlaufen des Werkes. Der zweipolige Magnet ist der sich drehende Teil. Das Joch, in dem der Magnet läuft, ist in Hufeisenform aus Dynamoblechen aufgeschichtet. Der Luftspalt beträgt nur etwa 0,2 mm, so daß eine gute Ausnutzung der magnetischen Energie gewähr-

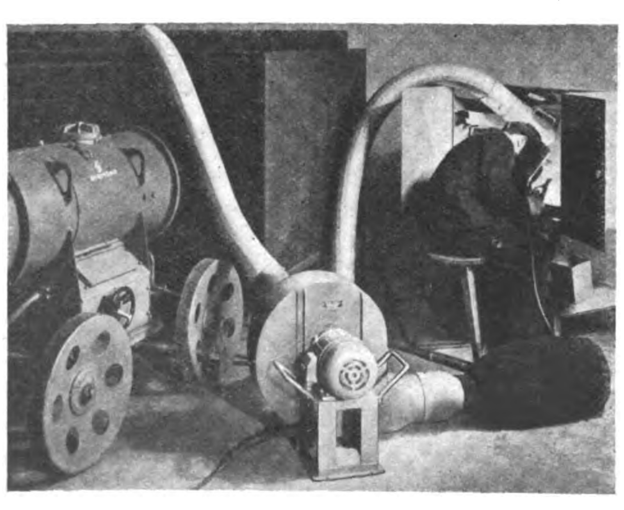


Bild 3. Tragbares Absaugegerät zum Absaugen von Schweißdämpfen.

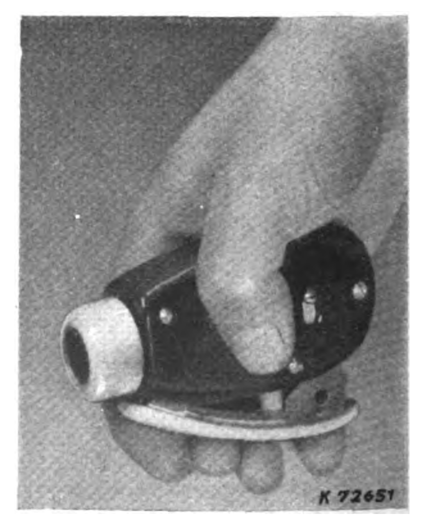


Bild 1. Die Taschendynamo in Betätigung.



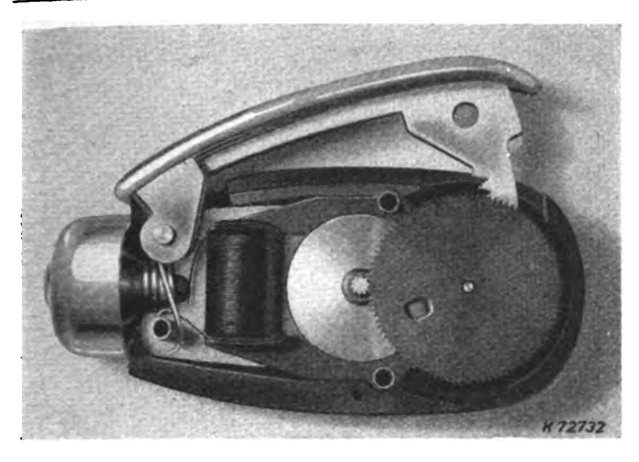


Bild 2. Ein Einblick in das feinmechanische Werk des kleinen Stromerzeugers.

leistet ist. Der Quersteg des Joches dient als Spulenträger; in einer Lackdrahtspule wird der Strom erzeugt. Kommutator und Bürsten sind also vermieden und dadurch eine wesentliche Fehlerquelle ausgeschaltet. Ein Preßstoffgehäuse schützt den kleinen Stromerzeuger. Ein kleiner Knebel am unteren Teil des Gehäuses dient zum Verriegeln des Handhebels. Der Betätigungsknopf für die Verriegelung ragt etwas aus dem Gehäuse heraus, er ist daher auch im Dunkeln und mit Handschuhen leicht zu finden. Als Lichtquelle wird die übliche Taschenlampenbirne von 2,5 V, 0,2 A verwendet. Das Lämpchen ist sehr leicht auswechselbar. Versuche haben ergeben, daß mit der neuen Taschendynamo mit einer langjährigen Betriebszeit gerechnet werden kann.

Der aus der einfachen Gunter-Skala aus dem 17. Jahrhundert zu einer gewissen Vollkommenheit entwickelte Rechenschieber ist heute besonders in der Technik zu einem unentbehrlichen Instrument geworden.

Eine wesentliche Verbesserung des Rechenschiebers ist möglich geworden, nachdem eine hochentwickelte Kunststofftechnik Werkstoffe geschaffen hatte, die sich in gleicher Weise durch Elastizität und hohen Abnutzungswiderstand, wie durch geringes Gewicht, Beständigkeit und Feuchtigkeitsunempfindlichkeit auszeichneten. Der neue deutsche Werkstoff „Aristopal" weist nun alle die Eigenschaften auf, die ihn zu einem idealen Werkstoff für Rechenschieber machen. Es werden aus Aristopal von Dennert & Pape, Hamburg-Altona, die bekannten **Aristo-Rechenschieber** hergestellt, die insofern von den bisherigen Bauarten gänzlich abweichen, als es gelungen ist, den Rechenschieberkörper in einem Stück aus dem hochwertigen Kunststoff zu fertigen. Dieser Werkstoff, verbunden mit sinnreicher Gestaltung und sorgfältiger Arbeit des Rechenschiebers, verbürgt eine stets und unter wechselnden Temperaturen gleichbleibende Genauigkeit, zumal der Schieberkörper selbst unmittelbar die Teilungen trägt. Hohe Festigkeit und hervorragende Gleitfähigkeit des Aristopal-Werkstoffes gestatten, die Zunge in sehr feinen Nuten zu führen, so daß sie sich weich und stetig bewegen läßt. Jede einzelne Einstellung kommt schnell, sicher und genau zustande. Die neuen Rechenschieber sind nur rd. 6 mm (ohne Läufer gemessen) stark. An der sehr flach ausgebildeten Kante tragen die Aristo-Rechenschieber einen genauen Zentimetermaßstab, der vorteilhaft auch als Zeichenlineal verwendet werden kann. Nicht nur Rechenschieber, sondern auch Lineale und Kantmaßstäbe, Umrechnungsmaßstäbe, Dreiecke, Winkelmesser und ähnliche Zeichengeräte werden neuerdings aus Aristopal hergestellt, der zu diesem Zweck in vollständig durchsichtiger Form geliefert wird.

Die Valvo-Radioröhren GmbH. hat den sogenannten Philips **elektrischen Trockenrasierer** auf den Markt gebracht. Das Gerät besteht aus zwei Teilen: 1. dem Scherkopf, welcher mit einer Ringmutter auf dem Halter befestigt wird, und 2. einem Halter aus Isolierstoff, der den Motor enthält. Der Motor läßt mit 10 000 U/min einen dreiarmigen Meißel rotieren, der sich innerhalb des neuartigen runden Scherkopfes dreht. Dieser Scherkopf ist stellenweise nur 0,08 mm stark und hat kleine Schlitze, die gerade schmal genug sind, um die Bartstoppeln durchzulassen. Indem man das Gerät fest auf die Haut drückt, die Rasierfläche immer flach auf das Gesicht hält und sie gegen den Strich rasch über die Hautfläche hin und her bewegt, werden die Haare in den Schlitzen des Scherkopfes eingefangen und von den drei Schermeißeln abgeschnitten. Die Rasierfläche des elektrischen Trockenrasierers hat 48 Schlitze. Der Meißel hat drei Arme. Die Rasierfläche kann also je Minute $48 \times 3 \times 10\,000 = 1\,444\,000$ Schnitte ausführen. Die abgeschnittenen Haare werden in dem Scherkopf gesammelt, der aus besonders hartem, rostfreien Spezialstahl hergestellt und daher keiner Abnutzung ausgesetzt ist. Der dreiarmige Meißel schleift sich selbst durch Reibung an der Unterseite des Scherkopfes. Der Antrieb erfolgt durch einen Universalkommutatormotor, der ohne Anlaßrad sofort beim Anschluß an das Lichtnetz zu laufen beginnt. Er ist isoliert und entspricht allen Sicherheitsforderungen! Sein Leistungsbedarf ist mit nur 8 W sehr gering. Der Apparat ist mit einem Spezialstecker ausgestattet, der durch eingebaute Widerstände an 100 bis 260 V gelegt werden kann. Er ist mit Kondensatoren versehen, um Rundfunkstörungen zu verhindern.

Bruchsicherer Anlaßwiderstand. — An die Anlaßwiderstände von Motoren auf Baggern, Bahnen, Lokomotiven, Hüttenwerkskranen und Hilfsantrieben auf Schiffen werden die schwersten Bedingungen gestellt: sie müssen unzerbrechlich, rüttelsicher, rostgeschützt und leicht sein. Die im Betrieb auftretenden Temperaturänderungen dürfen auch bei gelegentlichen kurzzeitigen Überlastungen bis zur Rotglut keine Störungen verursachen, weder an den Widerstandselementen und seinen Verbindungen, noch an den Anschlußstellen, der Isolation oder durch Längenausdehnung an dem Aufbau.

Die Bruchsicherheit des „Mecano"-Widerstandes der Firma Heizungs- & Widerstands-Bau Thermo-Mecano Schrader & von der Wippel, Düsseldorf, ist dadurch erreicht, daß für die Widerstandsgitter kein Gußeisen, sondern 0,5 bis 1,6 mm starke Sonderstahlbleche von großer Festigkeit, hohem spezifischen Widerstand und niedrigem Temperatur-Koeffizienten verwendet werden. Kleine genormte Platten werden, wie Bild 1 zeigt, wechselseitig eingeschnitten, so daß eine lange ununterbrochene Strombahn entsteht. Der Strom fließt von den oberen breiten Streifen in die schmalen, also zickzackförmig hin und her, und verläßt das Gitter wieder an den unteren breiten Streifen. Jede Stahlblechplatte kann wenige oder viele Einschnitte erhalten, so daß z. B. für eine Größe 38 verschiedene Ohmwerte von 0,01 bis 0,525 Ω erzielt werden.

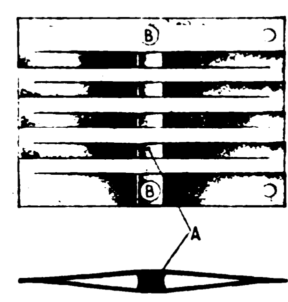


Bild 1. Widerstandsgitter aus Sonderstahlblech.

Vor dem Zusammenbau der Gitter zu einem Block wird ein mehrere Millimeter starker Isolationsstreifen *A* wechselseitig durch die Gitterstreifen geschoben, so daß die oberen Gitterstreifen in eine höhere Ebene gebogen werden. Hierdurch trennen sich die Schnittflächen voneinander und der Strom folgt seiner vorgeschriebenen Bahn. Durch diese Spreizung der Gitterstreifen werden die Gitterschleifen gleichzeitig gespannt und versteift, so daß ein seitliches Verbiegen nur mit großer Kraft möglich ist. Durch Verdrehen der außenliegenden Gitterschlingen um 45° wird auch an diesen Stellen ein Berühren mit benachbarten Gittern sicher vermieden.

Zum Aufbau eines Blockes werden die Gitter mit dem großen Loch in den oberen und unteren breiten Anschlußstreifen (Bild 2) auf zwei mit Mikanitrohren überzogene Stahlbolzen geschoben. Mikanitplatten an der Tempergußbrücke, Abstandsbleche und Mikanitplatten zwischen den Gittern isolieren den Widerstand gegen Erde und Gitter gegen Gitter. Das letzte Gitter wird wieder durch eine isolierte Tempergußbrücke gehalten.

Dieser Aufbau wird hydraulisch mit 7 t zusammengepreßt und durch Muttern in seiner Stellung gehalten. Weder Erschütterungen noch die dauernde Erwärmung und Abkühlung haben einen Einfluß auf die Festigkeit des Blocks, denn die innere Federspannung der verschränkten Gitterstreifen verhütet ein Strecken der Bolzen, so daß auch nach jahrelangem Gebrauch keine Lockerung auftritt.

Eine Sonderheit bildet die Verbindung der Gitter miteinander zur Reihen- oder Reihenparallel-Schaltung. Die 25 mm breiten Streifen werden mit den äußeren Löchern rechtwinklig

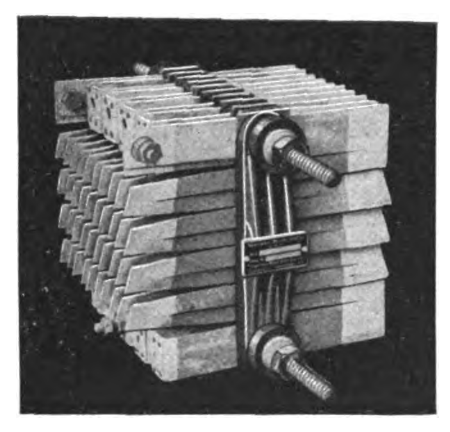


Bild 2. Widerstandsblock aus einzelnen Gittern bestehend.

abgebogen, so daß sich die Lappen übereinanderlegen. Durch eine vierfache Punktschweißung (Bild 2) wird eine kontaktlose, dauerhafte, störungsfreie Verbindung der Gitter untereinander in einem Block geschaffen. An jeder Schweißstelle kann das 10-mm-Loch zum Anschluß der Abzweigung benutzt werden. Da die Anschlußstelle in der kühlsten Zone des Widerstandes liegt und die spezifische Strombelastung der Anschlüsse stets viel kleiner ist als in den schmalen Gitterstreifen, können die Anschlüsse keinen Anlaß zu Störungen geben. Auch die Längenänderung des Widerstandsblocks hat keinen Einfluß auf die Anschlüsse. Die Temperatur des Anschlusses beträgt nur etwa $^1/_3$ der höchsten Arbeits-Temperatur des Gitters. Die „Mecano"-Widerstände werden in Blocks hergestellt zum Einbau in Selbstanlasser, Regulieranlasser, in Gerüste von Baggern, Kranen oder Lokomotiven, oder komplett in Schutzkästen mit Streckmetallabdeckung, mit Regendach oder in schlagwettersicherer Ausführung.

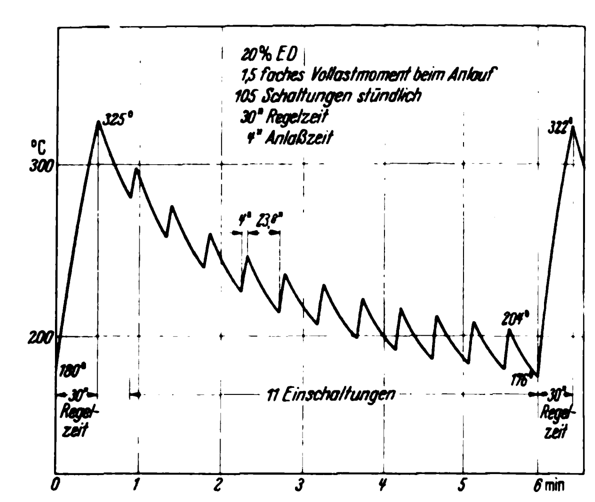


Bild 3. Temperaturkurve eines Widerstandes bei aussetzendem Betrieb.

Auch die Schutzkästen sind aus Stahlblech und daher bruchsicher. Durch die Aufteilung des Widerstandes in viele dünne Gitter ergibt sich eine Abkühlungsfläche, die das Vielfache der sonst üblichen Gußeisen-Bauart ausmacht. Dieser Vorteil kommt besonders zur Geltung bei Widerständen für 40% ED und Dauerlast wie bei Schlupfwiderständen, Prüfwiderständen und Regelwiderständen. Durch die großen Kühlflächen, die Schweißverbindungen, die dünne hochwertige Isolation sowie durch wenig inaktives Konstruktions-Material haben „Mecano"-Widerstände ein niedriges Gewicht.

In Bild 3 sind die Temperaturen — gemessen in der Mitte des obersten Gitterstreifens — für einen Kranwiderstand für 20% ED und Anläufe mit dem 1,5-fachen Vollastmoment wiedergegeben. Die mittlere Arbeitstemperatur liegt niedrig bei 240 bis 250° C.

VERSCHIEDENES

BEKANNTMACHUNGEN

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker

(Eingetragener Verein)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus
Fernsprecher: 30 06 31 — Postscheckkonto: Berlin 213 12
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00
Postscheckkonto der ETZ-Verlag G. m. b. H.: Berlin 223 84

Betriebsvorschriften

Der Ausschuß für Betriebsvorschriften hatte einen Entwurf zur Änderung des Wortlautes von

VDE 0105/1936 „Vorschriften nebst Ausführungsregeln für den Betrieb von Starkstromanlagen"

aufgestellt, der in ETZ 61 (1940) Heft 49, S. 1140 veröffentlicht worden ist.

Die Änderung ist vom Vorsitzenden des VDE im Dezember 1940 mit dem Zusatz in § 1 o) 1.:

„Sprengstoffe (Sprengmittel, Schießmittel, Zündmittel, Feuerwerkskörper und dergl.) . . ."

genehmigt und tritt am 1. April 1941 in Kraft.

Messung von Spannungen in Röntgenanlagen

In ETZ 61 (1940) H. 41, S. 943 war ein Neuentwurf von

VDE 0431 „Regeln für das Messen von Spannungen in Röntgenanlagen mit der Kugelfunkenstrecke"

veröffentlicht worden. Da Einsprüche zu diesem Entwurf nicht eingegangen sind, hat der Vorsitzende des VDE die Regeln in der Entwurfsfassung genehmigt. [Dabei soll lediglich das in Fußnote 1 der Entwurfsfassung erwähnte Normblatt DIN 6807 bei der Schlußfassung nicht mehr aufgeführt werden.]

Die neue Fassung von VDE 0431/XII. 40 tritt mit Wirkung ab 1. April 1941 in Kraft. Mit dem gleichen Tage werden die bisherigen Regeln VDE 0431/1934 außer Kraft gesetzt.

Sonderdrucke von VDE 0431/XII. 40 können zum Preise von RM. 0,40 beim ETZ-Verlag, GmbH., Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstraße 33 bezogen werden.

Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.
Der Geschäftsführer
Viefhaus

Erdung an Wasserrohrnetzen

Als Gemeinschaftsarbeit des Deutschen Vereins von Gas- und Wasserfachmännern, des Verbandes Deutscher Elektrotechniker, der Wirtschaftsgruppe Elektrizitätsversorgung und der Wirtschaftsgruppe Gas- und Wasserversorgung wurden

„Richtlinien für die Benutzung des Wasserrohrnetzes zur Erdung in elektrischen Starkstromanlagen mit Betriebsspannungen bis 250 V gegen Erde"

aufgestellt. Diese Richtlinien wurden einer Vereinbarung zwischen der Wirtschaftsgruppe Gas- und Wasserversorgung und der Wirtschaftsgruppe Elektrizitätsversorgung zugrunde gelegt, die am 1. 7. 1940 in Kraft getreten ist. Die Richtlinien waren in folgenden Zeitschriften veröffentlicht:

Elektrizitätswirtschaft 39 (1940) H. 18, S. 253;
Das deutsche Elektro-Handwerk 18 (1940) H. 43, S. 323;
Das Gas- und Wasserfach 83 (1940) H. 24, S. 290.

Da die Richtlinien mit den VDE-Bestimmungen in enger Verbindung stehen, wurden sie jetzt auch als Sonderdruck unter der Bezeichnung VDE 0190/VII. 40 herausgegeben. Dieser Sonderdruck ist zum Preise von RM 0,30 von der ETZ-Verlag GmbH, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus zu beziehen.

ETZ-Einbanddecken

Die Einbanddecken für den Jahrgang 1940 der ETZ sind jetzt in der gleichen Ausführung wie bisher lieferbar. Die beiden Halbjahresbände kosten zusammen RM 3,20, für VDE-Mitglieder jedoch nur RM 2,40. Die Versandspesen betragen RM 0,40 für einen einzelnen Satz.

Die Decken sind durch jede Buchhandlung oder von der ETZ-Verlag GmbH., Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, zu beziehen.

Einbanddecken der ETZ-Jahrgänge 1934 und 1935 sind ebenfalls noch erhältlich. Für die Jahrgänge 1936, 1937, 1938 und 1939 sind Blankodecken vorrätig, die vom Buchbinder leicht mit der entsprechenden Jahreszahl versehen werden können. Die Preise sind die gleichen wie oben angegeben.

VDE-Auskunftsstelle zur Wiener Frühjahrsmesse

Der Verband Deutscher Elektrotechniker hat zur diesjährigen Frühjahrsmesse in Wien eine Auskunftstelle eingerichtet. Sie befindet sich in den Räumen der Wissenschaftlichen Leitung der Zeitschrift „Elektrotechnik und Maschinenbau" (E und M), Wien II, Theobaldgasse 12.

Diese Auskunftstelle ist während der ganzen Dauer der Messe geöffnet. Dort können Auskünfte über VDE-Vorschriften und über ihre im Rahmen des Vierjahresplanes und des Krieges vorgenommenen neuesten Änderungen eingeholt werden, ferner über DIN-Normen der Elektrotechnik und über andere mit dem VDE und dem Vorschriften- und Normenwerk zusammenhängende Fragen.

Die Prüfstelle des VDE wird vertreten sein, um über ihre Arbeiten Aufschluß zu geben. Das Schrifttum des VDE, das im ETZ-Verlag erscheint, wird in dieser Auskunftstelle ebenfalls vorhanden sein.

Telephonisch ist die Auskunftstelle unter der Nummer der E und M (B 24 4 93) zu erreichen.

Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.
Der Geschäftsführer
Viefhaus

Bezirk Berlin

vormals Elektrotechnischer Verein

(Gegründet 1879)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 I, VDE-Haus
Fernsprecher: 30 06 31

Fachversammlung

des Fachgebietes „Röhrentechnik"
Leiter: Direktor Dr. phil. K. Kerschbaum VDE

Vortrag

des Herrn Dr.-Ing. H. Schnitger, Berlin, am Dienstag, dem 11. März 1941, 18^{30}, in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Hörsaal EB 301, über das Thema:

„Über die Verstärkung durch Sekundärelektronenemission in statischen Vervielfachern".

Inhaltsangabe:

Schichten — Strahlführung — Raumladungsbegrenzung — Rauschen-Photovervielfacher — Glühkathodenvervielfacher

Eintritt und Kleiderablage frei.

Fachversammlung

des Fachgebietes „Elektrowärme"
Leiter: Dipl.-Ing. W. Zillmer VDE.

Vortrag

des Herrn Dipl.-Ing. R. Czepek VDE, Essen, am Donnerstag, dem 13. März 1941, 18^{30}, in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Hörsaal HG 241, über das Thema:

„Untersuchung von Raumheizungsfragen durch elektrische Modellabbildung"

Inhaltsangabe:

Grundlagen des Abbildverfahrens (analoge Gleichungen, Maßstäbe)
Abbildungsweise
Behandlung von Anwendungsbeispielen
Anwendung der Modellabbildung auf anderen Gebieten der Wärmetechnik

Eintritt und Kleiderablage frei.

Fachversammlung

des Fachgebietes „Funktechnik und Verstärkertechnik"
Leiter: Professor Dr. phil. H. Faßbender VDE.

Vortrag

des Herrn Dr.-Ing. F. W. Gundlach VDE, Berlin, am Dienstag, dem 18. März 1941, 18^{30}, in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Hörsaal HG 25, über das Thema:

„Über den Elektronenmechanismus bei der Bremsfeldröhre"

Eintritt und Kleiderablage frei.

Arbeitsgemeinschaften (Technischer Nachwuchs)

Die Teilnahme ist frei. VDE-Mitgliedschaft ist nicht Bedingung

Allgemeine Elektrotechnik. Leiter: Dr.-Ing. V. Aigner VDE.
10. März 1941, 18^{00}, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. „Fernmessung in Kraftwerkbetrieben", Vortragender: Dipl.-Ing. W. Weidlich.

Fernmeldetechnik. Leiter: Oberingenieur Dipl.-Ing. K. Wagner VDE.
11. März 1941, 18^{00}, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. Vortragsreihe: Fernsprechtechnik. III. Teil. Vermittlungswesen. „Orts- und Fernwähltechnik", Vortragender: Postrat J. Spulbeck.

Meßtechnik. Leiter: Dr.-Ing. H. F. Grave VDE.
12. März 1941, 18^{00}, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. Vortragsreihe: Feinmeßtechnik. „Feinmeßinstrumente", Vortragender: Dr.-Ing. W. Thal VDE.

Elektromaschinenbau. Leiter: Ingenieur K. Bätz VDE.
13. März 1941, 18^{00}, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. „Vortragsreihe: Sonderfragen des Elektromaschinenbaues. „Neuzeitliche Lösungen der Kühlungs- und Belüftungsfrage". Vortragender: Dipl.-Ing. F. Götze VDE.

Elektrizitätswerke. Leiter: Dipl.-Ing. H. Beling VDE.
14. März 1941, 18^{00}, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer.
Votragsreihe: Wasserkraftwerke. „Allgemeine Grundlagen für die Ausnutzung der Wasserkräfte" (mit Schmalfilmvorführung). Vortragender: Obering. Dipl.-Ing. K. Wagner.

VDE Bezirk Berlin
vormals Elektrotechnischer Verein
Der Geschäftsführer
Burghoff

Sitzungskalender

VDE Bezirk Bergisch-Land, Wuppertal-E. 11. 3. (Di), 19^{00}, Saal der Technik; „Der Aufbau neuzeitlicher Niederspannungsschaltgeräte". Obering. Deißler VDE.

VDE Bezirk Braunschweig. 7. 3. (Fr), 19^{00}, T. H.: „Der Werkluftschutz in Überlandbetrieben" (m. Lichtb.). Obering. W. Frucht VDE.

VDE Bezirk Danzig, 10. 3. (Mo), 20^{00}, T. H.; Jahreshauptversammlung. „Die elektrische Meßtechnik in Elektrizitätswerken". F. Ahrberg. Vorführung des Films von der VDE-Mitgliederversammlung 1939 in Wien.

VDE Bezirk Kurhessen, Kassel (gemeinsam mit VDCH, VDI und der Deutschen Pharmazeutischen Gesellschaft). 10. 3. (Mo), 19^{00}, Hess. Landesmuseum, Adolf Hitler-Platz 5: „Walfang und Walverarbeitung" (m. Lichtb.). Dr. Picker.

VDE Bezirk Mark Brandenburg, Senftenberg. 3. 3. (Mo), 18^{30}, Bergbauhaus, Dubinaweg: „Netzverstärkung durch Starkstromkondensatoren" (m. Lichtb.). Dipl.-Ing. Stauch VDE. Anschließend Schmalfilm „Bau einer 60 kV-Leitung".

VDE Bezirk Südbayern, München. 12. 3. (Mi), 19^{30}, T. H.: „Rundfunkentstörungstechnik". Oberpostrat Dr. Führer VDE (m. Vorführ. u. Lichtb.).

PERSÖNLICHES

E. Schürer. — Am 7. 2. konnte das Vorstandsmitglied der Felten & Guilleaume Carlswerk AG., Herr Dr. Eugen Schürer VDE, auf eine 40-jährige Tätigkeit bei dieser Firma zurückblicken. Am 2. 2. 1876 in Augsburg geboren, hat Herr Schürer an der Technischen Hochschule in Darmstadt studiert und trat gleich danach als junger Ingenieur bei F. & G. ein, wo er zunächst mit Projektierungs- und Montagearbeiten beschäftigt wurde. Sehr bald ging er mehr und mehr zu Entwicklungsarbeiten, erst auf dem Schwachstrom-, dann auch auf dem Starkstromgebiet, über. So hat er schon in diesen Jahren die ersten praktischen Versuche zur Pupinisierung von Leitungen

durchgeführt, bis durch die Patentlage diese Arbeiten zeitweise abgestoppt werden mußten. Auch später hat er sich für die Spulentechnik immer stark interessiert und mit der Entwicklung der Pleyel-Schürer Spule eine interessante Sonderlösung gefunden. Gerade diese Arbeit veranschaulicht in besonderem Maße seine Veranlagung zur genauen Messung und zur kritischen Beurteilung. Auch auf dem andern Gebiet der induktiven Belastung, den Krarupleitungen, hat er wesentliche Fortschritte erzielen können, die sich in dem Erfolg seiner Firma auf dem Seekabelgebiet widerspiegeln. Auf dem Starkstromgebiet hat er sich insbesondere um die Einführung der Kabel mit metallisierten Einzeladern verdient gemacht. In Anerkennung seiner Leistungen wurde er, nachdem er lange Jahre die Versuchsanstalt geleitet hatte, 1925 zum Betriebsleiter und später auch zum Vorstandsmitglied berufen. Seine Verdienste wurden auch durch die Verleihung der Gauss-Weber-Gedenkmünze gewürdigt.

Hochschulnachrichten. — Der ordentliche Professor für Materialprüfung und Werkstoffkunde von der T. H. Stuttgart, Herr Dr.-Ing. Erich Siebel, ist zum Präsidenten des Staatlichen Materialprüfungsamtes in Berlin-Dahlem ernannt worden.

BUCHBESPRECHUNGEN

DK 621.311.1 : 621.395.3

Die Stromversorgung von Fernsprech-Wählanlagen. Von H. Grau. Mit 95 B. u. 130 S. im Format 176 × 250 mm. Verlag von R. Oldenbourg, München u. Berlin 1940. Preis geb. 7,80 RM.

Für das Buch, das nach dem Vorwort des Verfassers als Ergänzung zu der von Fritz Lubberger herausgegebenen Buchreihe „Fernsprechtechnik" anzusehen ist, lag schon seit längerer Zeit ein Bedürfnis vor. Es ist sehr gut geeignet, die bis jetzt bestehende Lücke auszufüllen. Aber nicht nur für den Studierenden ist das Werk zu empfehlen; auch der in der Wählertechnik und auf dem Gebiet der Stromversorgungsanlagen tätige Fachmann wird das Buch mit Erfolg benutzen. Es setzt die Kenntnis der allgemeinen Eigenschaften der Stromerzeuger voraus und behandelt dann in übersichtlicher Anordnung und klarer, den letzten Stand der Technik berücksichtigender Darstellung alle mit der Stromversorgung von Fernsprech-Wähleinrichtungen zusammenhängenden Fragen.

Das Buch gliedert sich in neun Hauptabschnitte. Der Abschnitt I bringt eine kurze, aber erschöpfende Erklärung aller Grundbegriffe, wie z. B. Ein- und Zweibatteriebetrieb, batterieloser Netzanschlußbetrieb, Pufferbetrieb, und stellt zugleich die Forderungen auf, die hinsichtlich der Betriebssicherheit, der Spannungsgrenzen und der Pflege an die Stromversorgungseinrichtungen von Fernsprech-Wählanlagen zu stellen sind. Abschnitt II befaßt sich mit den Stromquellen und zeigt die Grenzen der Anwendungsgebiete von Primärelementen sowie von Blei- und Stahlsammlern. In den Abschnitten III und IV werden die gängigsten Lade- und Puffereinrichtungen mit ihren Regelmitteln sowie die zu modernen Stromversorgungsanlagen gehörenden Zusatz- und Sondereinrichtungen (Gegenzellen, Ruf- und Signalmaschinen, magnetische Spannungsgleichschalter usw.) beschrieben. Die Abschnitte V und VI handeln von Netzanschlußgeräten für batterielose Speisung von Wählanlagen sowie von ortsfesten und ortsbeweglichen Netzersatzanlagen. In den Abschnitten VII und VIII ist sehr viel Wissenswertes über die bei der Planung und beim Aufbau von Stromversorgungsanlagen zu beachtenden Grundsätze gesagt. So enthält z. B. Abschnitt VIII sehr interessante Ausführungen über die Beschaffungs- und Betriebskosten der verschiedenen Arten von Stromversorgungsanlagen und ihren Anteil an den Gesamtkosten der zu speisenden Wählereinrichtungen. Im Abschnitt IX werden dann noch in großen Zügen die im Ausland üblichen Arten und Formen von Stromversorgungsanlagen und die Bedingungen beschrieben, denen sie genügen sollen. Ein Schrifttumsnachweis über Stromversorgungsanlagen des Auslandes und ein Sachverzeichnis beschließen das gründliche Werk, dessen Druck, Papier und sonstige Ausstattung ebenfalls vorzüglich sind. Der Verfasser hat mit der Herausgabe dieses Buches einem bestehenden Mangel abgeholfen und damit allen Praktikern einen großen Dienst erwiesen. Es ist deshalb zu wünschen, daß das Buch in Fachkreisen eine möglichst weite Verbreitung findet.

H. Passe

DK 628.971/972 : 628.978.6

Die Verdunklung. Von Dr.-Ing. Frommhold. Unter Mitarbeit v. M. A. Hänsel und W. Hahn. Mit 124 B. u. 240 S. im Format 148 × 210 mm. Bauweltverlag Berlin 1940. Preis kart. 5,80 RM.

Bei der großen Bedeutung, die der Verdunklung als Schutzmaßnahme gegen Angriffe aus der Luft zukommt, ist das vorliegende Buch als Zusammenfassung der hierfür geeigneten Maßnahmen besonders wertvoll. Es ist für jeden, der sich mit Verdunklungsmaßnahmen befassen muß, ein ausgezeichnetes Hilfsmittel, zumal es auch alle irgendwie in Frage kommenden gesetzlichen Bestimmungen und Vorschriften enthält. Die immer strittigen Fragen, wie Verdunklungseinrichtungen zu prüfen sind und welchen Bedingungen sie entsprechen müssen, sowie wer für die Verdunklung verantwortlich ist, sind eindeutig geklärt. Durch die Angabe, daß die künstliche Beleuchtung auch in verdunkelten Arbeitsräumen den Richtlinien in DIN 5035 entsprechen soll, ist auch Klarheit darüber geschaffen, wieweit mechanische Verdunklung bedingt ist, und wann andere Verdunklungsarten angewandt werden können. Sehr viel Raum ist der mechanischen Verdunklung, der hauptsächlich erforderlichen Verdunklung, gewidmet. Die Vielzahl der angeführten Beispiele und ausführlichen Beschreibungen der verschiedenen Vorrichtungen, sowie die wirklich instruktiven vielen Bilder geben wertvolle Hinweise auch für schwierige, bauliche Verhältnisse.

Unter Hinweis auf die entsprechenden Verordnungen sind dann nacheinander die sogenannte Lichttechnische Verdunklung mit ihren Abarten, dem Sperrfilterverfahren und der Anwendung von Leuchtfarben behandelt. Zum besseren Verständnis ist eine Erläuterung der lichttechnischen Grundbegriffe eingefügt. Außer dem Luftschutzgesetz vom 26. Juni 1936 mit seinen Nachträgen und Durchführungsverordnungen, soweit sie sich auf die Verdunklung beziehen, sind in dem Buch eine Reihe von Maßnahmen und Vorschriften verschiedener anderer Länder enthalten.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß es dem Verfasser gelungen ist, dem Leser die auf diesem Gebiet gewonnenen Erkenntnisse und im Verlauf des Krieges gesammelten Erfahrungen zu vermitteln. Das Buch entspricht, insbesondere im Hinblick auf die Reichhaltigkeit und Vollständigkeit des Materials, einem schon lange vorhandenen Bedürfnis.

Ernst Kämmerer

Berichtigungen

In dem Bericht „Elektrostatische Lichtbogenlöschung nach dem Verhungerungsprinzip" in Heft 8, S. 184, muß die Quelle richtig lauten:

Nach H. Meinhardt, Arch. Elektrotechn. **35 (1941)**, H. 2, S. 85; 14 S., 26 B.

In meinem Aufsatz „Entwurf elektrischer Fernleitungen" in Heft 2 der ETZ 62 (1941) S. 35, muß es in Abschnitt d) „Stabilität von Übertragungsleitungen" auf S. 37 links oben heißen:

$\mathrm{tg}\,(\alpha\, x_m) = \frac{Z}{X_k}$, woraus mit $\alpha = 1{,}2 \cdot 10^{-3}$ eine Grenzentfernung $x_m \approx 1100$ km folgt (nicht 4400 km)."

F. Niethammer VDE

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Ing. H. Baars, Magdeburg, Porse-Privat-Weg 18
Obering. H. Bauer VDE, Mannheim, Collinistr. 43
Dr. G. Duvigneau, Berlin-Schöneberg, Wartburgstr. 17
Dipl.-Ing. F. Gademann VDE, Berlin-Grunewald, Schinkelstr. 10
Obering. H. Gugel VDE, Berlin-Oberschöneweide, Triniusstr. 11
Dr. K. W. Kögler, Berlin-Charlottenburg, Königin Luise-Str. 2
Dr.-Ing. H. Lange, Berlin-Dahlem, Ladenbergstr. 7
Ing. Willy Müller VDE, Weinheim a. d. B., Am Schloßberg 9
Dipl.-Ing. A. Ohlhoff VDE, Mannheim, Richard Wagner-Str. 52
Dipl.-Ing. W. Schunk VDE, Mannheim-Feudenheim, Gneisenaustr. 29
Dipl.-Ing. L. Weis VDE, Berlin-Siemensstadt, Königsdamm 287d

Abschluß des Heftes: 28. Februar 1941

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE (z. Z. im Felde)
G. H. Winkler VDE (z. Z. im Felde)
H. Hasse VDE und R. Henrichs VDE

Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.



Elektrotechnische Zeitschrift
(Zentralblatt für Elektrotechnik)
Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894
Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.
Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9
62. Jahrgang Berlin, 13. März 1941 Heft 11

Die Umstellung der Hamburger S-Bahn von Einphasen- auf Gleichstrombetrieb

Von B. Boehm VDE, Hamburg

DK 621.331:625.62

*Übersicht**). Nach einem Rückblick auf die alte Wechselstrombahn werden die Gründe für die z. Zt. erfolgende Umstellung auf Gleichstrombetrieb ausführlich dargelegt und die neuen Anlagen und Triebwagen beschrieben.

1. Die alte Wechselstrombahn

Bei der Gegenüberstellung der alten und neuen Wagen ist zu berücksichtigen, daß das äußere Bild nur die wagenbauliche Gestaltung betrifft, und daß zwischen der Planung der alten Bahn und der neuen ein Zeitraum von über 30 Jahren liegt, der mit lebhaftester technischer Entwicklung auf diesem Fachgebiet angefüllt war.

a. Stromart

Auf eine Anfrage der damaligen Eisenbahndirektion Altona schlugen die drei Großfirmen AEG, UEG und S&H vor, der zu elektrisierenden Bahn Drehstrom von 10 kV zuzuführen, der in vier Unterwerken mittels umlaufender Umformer und Pufferbatterien in Gleichstrom von 750 V umgeformt und durch eine dritte Schiene den Triebwagen zugeführt werden sollte. Das Preußische Ministerium für öffentliche Arbeiten dachte jedoch nicht nur an die Stadtbahn in Hamburg, sondern an die Elektrisierung von Fernbahnen, für die man bei dieser Gelegenheit Erfahrungen gewinnen wollte. Für diesen Zweck kam aber zu einer Zeit, in der man sich bei Gleichstrombahnen nur zögernd bis auf 1000 V gewagt hatte, diese Stromart nicht in Betracht, weil man längs der Strecke zuviel Unterwerke hätte errichten müssen. Vielmehr wurde vom Ministerium die Aufgabe gestellt, hochgespannten Wechselstrom mit einer einpoligen Oberleitung den Fahrzeugen zuzuführen.

Die Schwierigkeit lag hier in erster Linie in der Ausbildung der Motoren. Während Siemens das Problem dadurch zu meistern versuchte, daß eine möglichst niedrige Periodenzahl, geringe Feldsättigung, Kompensationswicklung und Widerstandsverbinder zwischen den Kommutatorlamellen vorgesehen wurden, versuchte es die UEG mit der Erfindung der ostmärkischen Ingenieure Winter und Eichberg, deren Motor sich im Prüffeld bisher ausgezeichnet bewährt hatte. Hierbei erhält der Motor den gleichen Ständer wie ein Induktionsmotor und einen Läufer wie ein Gleichstrommotor. Auf dem Kommutator sitzen jedoch zwei Bürstensätze, deren Achsen, auf zwei Pole bezogen, senkrecht zueinander stehen. Der eine Bürstensatz ist kurzgeschlossen und führt den durch das Hauptfeld erzeugten Induktionsstrom; der zweite Bürstensatz liegt an der Niederspannungswicklung eines in den Hauptstromkreis eingeschalteten Umspanners und erzeugt das Drehmoment.

Während die Firma Siemens nach ihrem System die Kleinbahn Murnau–Oberammergau mit 16⅔ Hz und 5000 V ausrüstete, entschloß sich das Ministerium, zur gründlichen Erprobung des Winter-Eichberg-Motors die Strecke Niederschöneweide–Spindlersfeld entsprechend auszurüsten, zumal man mit diesem System unbedenklich auf 25 Hz gehen und ohne die störenden Flimmererscheinungen die Beleuchtungsanlagen der Bahnhöfe an das Fahrleitungsnetz legen konnte[1]). Man hatte sogar zunächst die Hoffnung, dem Ständer der Motoren die Hochspannung unmittelbar zuführen zu können, baute aber dann doch den ersten Probewagen für Hamburg mit einem Umspanner, der die Fahrdrahtspannung von 6000 V auf eine bis 740 V regelbare Unterspannung herabsetzte. Der Wagen hatte drei Motoren von je 115 PS. Nachdem dieses System sich in zweijährigem Versuchsbetrieb gut bewährt hatte, trug man keine Bedenken, es nunmehr für die Hamburger Stadtbahn anzuwenden, zumal die Großfirmen infolge der nahezu verlustlosen Regelung einen niedrigeren Stromverbrauch garantierten als für den gegenübergestellten Gleichstrombetrieb. Obgleich die Vertreter der Finanzverwaltung bezweifelten, „ob es schon an der Zeit sei, aus dem Stadium der Versuche herauszutreten und in großem Umfang und mit bedeutenden Mitteln an die dauernde Einführung eines elektrischen Zugbetriebes nach diesem System heranzutreten", setzten sich die mutigen Elektrotechniker durch.

b. Stromerzeugung und -verteilung

Die ungewöhnliche Stromart von 6000 V 25 Hz mußte damals die Reichsbahn selbst erzeugen. Obgleich für den Bau der Generatoren keine ausreichenden Erfahrungen vorlagen, stellten sich zunächst bemerkenswerte Schwierigkeiten nicht ein, bis ganz überraschend die Hälfte der für den Betrieb benötigten Maschinen sofort außer Betrieb gesetzt werden mußte, weil sich die Läuferwicklungen gelockert hatten. Man kannte damals noch nicht die starken Rückwirkungen des schwingenden Wechselfeldes und mußte nun die hölzernen Nutenkeile durch eine Dämpferwicklung ersetzen. Später haben sich an der elektrischen Ausrüstung der Werke bemerkenswerte Störungen nicht mehr ergeben. Insbesondere stehen die Umspanner noch heute, nach über 30 Jahren, unbewegt und mit der gleichen Ölfüllung, weil sie reichlich bemessen sind und auch im Sommer kaum höhere Temperaturen als 60 ° erreichen.

*) Nach einem Vortrag, gehalten im VDE Bezirk Hansa am 16. Oktober 1940.

[1]) S. a. E. C. Zehme, Die Motorstromart im Rahmen der Energieversorgung elektrischer Eisenbahnen. ETZ 58 (1937) S. 919.



1932 zwang die starke Verkehrszunahme zur Schaffung einer zweiten Stromquelle durch Aufstellen eines Periodenumformers 50/25 Hz, der bei einer Dauerleistung von 6000 kW 6 kV-Drehstrom in 6 kV-Einphasenwechselstrom umformt. Es handelt sich um einen voll elastischen, rotierenden Umformer der Bauart SSW, der mit Hilfe von Kommutatorhintermaschinen und eines Thoma-Reglers sämtliche Forderungen, die an die Kupplung zweier verschiedenartiger Netze gestellt werden können, einwandfrei erfüllt. Er hat ohne irgendwelche elektrischen Störungen seinen Dienst versehen. Bemerkenswert ist, daß wir nur von einem kleinen Teil der genannten Regeleinrichtungen Gebrauch machen, weil die vom Bahnnetz entnommenen Leistungen verhältnismäßig klein sind, und zur Erzielung eines möglichst hohen Wirkungsgrades die mittlere Belastung so hoch wie möglich gebracht werden muß. Unter diesen Umständen läßt man nun den Umformer verhältnisgleich an den Lastschwankungen des Bahnnetzes teilnehmen und erreicht einen mittleren Jahreswirkungsgrad von 87 % für den Umformer selbst einschließlich aller Hilfseinrichtungen.

Die Fahrleitung war nach dem von den SSW auf der Berliner Versuchsstrecke erprobten System gebaut worden, wurde aber in Hamburg durch das feuchte Klima in Verbindung mit dem Rauch der auf der Strecke verkehrenden Dampfzüge einer sehr harten Isolationsbeanspruchung unterworfen. Man sah sich bald gezwungen, doppelte Isolationen einzubauen und unter den Brücken die Abstände zwischen Spannung und Erde zu vergrößern. Im übrigen aber hat sich die Fahrleitung trotz der sehr starken Inanspruchnahme im wesentlichen gut bewährt und ist noch heute, nach über 30 Jahren, mit nur unwesentlichen Änderungen und Verbesserungen in einem so guten Zustande, daß man mit ihr noch viele Jahre einen zuverlässigen Betrieb übernehmen könnte.

Bemerkenswert sind die früher häufigen Fahrdrahtbrüche. Bei einer Zugdichte von 3 min und acht Stromabnehmern je Vollzug wird der Fahrdraht 160 mal in der Stunde in Schwingungen versetzt, so daß nach einigen Jahren die Rillen-Kupferdrähte infolge Stoffermüdung vom Kopf aus einrissen und meistens bei Durchfahrt eines Zuges plötzlich brachen. Da die Anrisse bei den laufenden Untersuchungen nicht zu finden waren, war man gezwungen, die Fahrdrähte schon lange vor ihrer zulässigen Abnutzung vorsorglich durch neue zu ersetzen. Nachdem wir aber zur Beseitigung der Rundfunkstörungen im Jahre 1934 die Aluminiumschleifstücke durch Kohle ersetzt haben, sind diese Schwingungsbrüche verschwunden. Die rauhe, rifflige Schleiffläche der Fahrdrähte ist einer glatten Hochglanzpolitur gewichen, so daß die Schwingungen offenbar stark herabgesetzt wurden und nunmehr die Fahrdrähte bis zum letzten verschlissen werden können.

c. Elektrische Ausrüstung der Triebwagen

Die elektrische Ausrüstung der Triebwagen entsprach im wesentlichen der des Probewagens, d. h. jeder Viertelzug enthielt drei Winter-Eichberg-Motoren von je 115 PS Stundenleistung bei der AEG-Ausführung, zwei Reihenschlußmotoren von je 175 PS bei der SSW-Bauart, die auf vier Fahrstufen mittels der bekannten Schützensteuerung an bis auf 740 V ansteigende Anzapfungen des Stufenumspanners gelegt wurden.

Naturgemäß ergaben sich zahlreiche Kinderkrankheiten, und es bedurfte der ganzen Hingabe der Nebenwerkstätt Ohlsdorf, um bei dem ständig steigenden Verkehr die Wagen einigermaßen betriebsfähig zu erhalten. Die unglücklichen Kriegs- und Nachkriegsverhältnisse trugen noch wesentlich zur Erhöhung der Schwierigkeiten bei, so daß zeitweise der Ausbesserungsstand, der schon vor Ausbruch des Krieges mit 20 bis 25 % ziemlich hoch gewesen war, bis auf 75 % anstieg. Dabei hatte sich auch erwiesen, daß bei der gewählten Motorbauart das Kommutierungsproblem nicht befriedigend gelöst und stark von der Kohlenbürstengüte abhängig war. Der Verschleiß von Kohle und Kommutator war sehr hoch, und als Folge der schlechten Nachkriegsunterhaltung zeigten sich auch schwere Mängel an den Blechpaketen und Wicklungen.

So mußte man sich 1924 dazu entschließen, die elektrische Ausrüstung der Triebwagen völlig zu erneuern. Hierbei wurden reine Reihenschlußmotoren mit Kompensationswicklung verwendet und die Zahl der Fahrstufen von 4 auf 5 erhöht.

Während die Firmen AEG und SSW nach einheitlichen Zeichnungen lieferten, baute die Firma BBC eine etwas abweichende Bauart mit Widerstandskommutator.

Beide Bauarten haben sich seither so gut bewährt, daß nicht nur ein nahezu störungsfreier Betrieb durchgeführt, sondern die Reisegeschwindigkeit immer weiter erhöht werden konnte. Die Höchstgeschwindigkeit, die ursprünglich auf 55 km/h begrenzt war, wurde auf 60 km/h erhöht, so daß nunmehr etwa die gleiche Reisegeschwindigkeit wie auf vergleichsfähigen Strecken der neuzeitlichen Berliner S-Bahn erreicht wird.

Zusammenfassend kann man wohl sagen, daß der Entschluß des Preußischen Ministeriums für öffentliche Arbeiten, insbesondere des nachmaligen Geheimen Oberbaurats Wittfeld, nach anfänglichen Schwierigkeiten und nach Durchführung einiger Verbesserungen zu einem vollen Erfolg geführt hat und beweist, daß mit Einphasenwechselstrom auch neuzeitliche Stadt- und Vorortbahnen einwandfrei und, wie ich ausdrücklich hinzufügen möchte, wirtschaftlich betrieben werden können.

2. Gründe für die Umstellung auf Gleichstrom

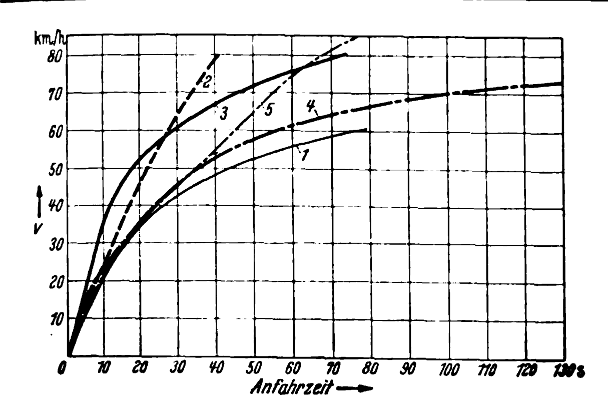
Nach dieser Darlegung über den alten Wechselstrombetrieb könnte man mir die Fragen stellen, weshalb eine Neugestaltung der Hamburger Stadt- und Vorortbahn durchgeführt wird und weshalb hierbei nicht der Einphasenwechselstrom beibehalten worden ist.

Der wagenbauliche Teil der meisten Fahrzeuge war im Gegensatz zum elektrischen nicht völlig erneuert, sondern im Jahre 1924 nur aufgearbeitet worden. Nach nunmehr über 30jährigem Betrieb ist das Kastengerippe an zahlreichen Stellen angefault. Überdies kann die Raumeinteilung, die Gestaltung der Türen, wie auch die innere und äußere Ausstattung der Wagen nicht mehr als eines Hauptverkehrsmittels der drittgrößten Stadt Deutschlands würdig anerkannt werden.

Nachdem von der wagenbaulichen Seite her die Neugestaltung als unumgänglich erkannt worden war, trat die alte Frage des Stromsystems nochmals an die Elektrotechniker heran. Da der Wechselstrom, wie oben dargelegt, sich durchaus bewährt hatte und auch für die zukünftige Gestaltung des gesamten S-Bahnnetzes genügend Entwicklungsmöglichkeiten in sich barg, lag es nahe, dieses System beizubehalten, zumal der größte Teil der alten Wechselstromanlagen und -fahrzeuge eine Erhöhung der Betriebsspannung von 6,3 auf 7 kV vertragen hätte, und man somit die neuen Wagen für diese höhere Spannung hätte bemessen können. Überdies ergab ein Vergleich der erreichbaren Fahrzeiten im Gebiet der für die weiter zu elektrisierenden Vorortstrecken entscheidenden höheren Geschwindigkeiten eine eindeutige Überlegenheit des Wechselstroms (Bild 1). Der Stufenumspanner gibt eben die Möglichkeit, den Wagen bis zum Schluß des Anfahrvorganges kräftig zu beschleunigen, während man beim Gleichstrom nur das begrenzte Mittel der Feldschwächung zur Verfügung hat und im übrigen auf die Motorkennlinie angewiesen ist. Auch die Notwendigkeit, Anfahrwiderstände zu benutzen und damit elektrische Arbeit z. T. zu vernichten, sprach deutlich zugunsten des Wechselstroms.

Anderseits muß zugegeben werden, daß die mit der Frequenz pulsierende Anfahrzugkraft im Gegensatz zur stetigen Zugkraft des Gleichstroms sich durch Brummen, bei manchen Bauarten sogar durch Rattern der Motoren





1 Hamburger S-Bahn, alter Triebwagenzug für Wechselstrom
2 Hamburger S-Bahn, neuer Triebwagenzug für Wechselstrom (Entwurf)
3 Hamburger S-Bahn, neuer Triebwagenzug für Gleichstrom
4 Berliner S-Bahn, gewöhnlicher Triebwagenzug
5 Berliner S-Bahn, Triebwagenzug für 120 km/h Höchstgeschwindigkeit

Bild 1. Anfahrschaubild verschiedener Triebwagenarten für Anfahrt in der Ebene.

und Drehgestelle bemerkbar macht. Diese Erscheinung ist aber bei 25 Hz nicht unangenehm und kann durch federnde Zahnräder stark gemildert werden. Weiter muß zugegeben werden, daß der elegante Regelvorgang beim Wechselstrom durch die Mitführung eines teuren und schweren Umspanners erkauft ist.

Im vorliegenden Falle fiel jedoch entscheidend in die Waagschale des Wechselstroms, daß die Anlagen tatsächlich nicht nur vorhanden, sondern zum größten Teil nach entsprechender Überholung und Verbesserung noch viele Jahre verwendbar waren. Unter diesen Umständen hatte die Reichsbahn den Auftrag auf die neuen Wagen in Wechselstrombauart bereits erteilt, als in den Plänen zur Neugestaltung Groß-Hamburgs der Gedanke auftauchte, die S-Bahn in einem Zwischengeschoß über die Hochbrücke und durch Tunnelstrecken zu führen. Hierbei ist natürlich die Stromzuführung mittels einer Hochspannungsoberleitung sehr lästig.

Nun kann man aber Spannungen von 7000 V z. Z. noch nicht mittels einer tiefliegenden Stromschiene dem Fahrzeug zuführen, weil damit die auf der Strecke Tätigen zu stark gefährdet würden; wenn man aber den Wechselstrom nicht mehr mit hoher Spannung, sondern mit der bei Stromschienen bisher üblichen von etwa 1000 V zuführen wollte, hätte man wie beim Gleichstrom eine große Zahl von Umspannwerken längs der Strecke errichten müssen. Die weitere Untersuchung konnte an der Frage der elektrischen Nutzbremsung nicht vorbeigehen, weil im Stadtbahnbetrieb infolge der kurzen Haltestellenabstände der größte Teil der den Fahrzeugen zugeführten elektrischen Arbeit bei der Bremsung vernichtet wird. Die Überwindung des Fahr- und Windwiderstandes spielt gar keine Rolle im Vergleich zu der großen, sich immerfort wiederholenden Beschleunigungsarbeit der großen Massen. Die Untersuchung zeigt nun, daß es bei Gleichstrom mit einem geringeren Aufwand an Gewicht und Geld möglich ist, eine befriedigende Nutzbremse zu bauen. Auf Grund sorgfältiger Berechnungen haben wir die Hoffnung, im Endzustande, d. h. bei vollem Gleichstrombetrieb und dichter Zugfolge, etwa 20 % der zugeführten elektrischen Arbeit und damit nicht nur die Kosten der zusätzlichen Einrichtung wieder zu gewinnen, sondern jährlich etwa 8000 t Kohle und 300 t Eisen zu ersparen, wofür uns die deutsche Wirtschaft sehr dankbar sein wird.

Insgesamt ergaben sich danach so viele Vorzüge des Gleichstroms, daß die Wagenbestellungen geändert und Pläne für neuzeitliche Gleichstromanlagen entworfen wurden.

3. Die neue Gleichstrombahn

Bei der Bearbeitung der Einzelheiten lag es nahe, sich an das Muster der Berliner S-Bahn zu halten, bei der ähnliche, wenn auch etwa siebenmal größere Verhältnisse und 14jährige Erfahrungen vorliegen. Hierbei waren selbstverständlich alle Mängel auszuscheiden, die sich dort gezeigt hatten.

Insbesondere hatte sich erwiesen, daß die damals gewählte Stromschienenspannung von 750 V für den stark gewachsenen Verkehr zu niedrig war und auch im Hinblick auf die Gefahr der an der Strecke tätigen Arbeiter unbedenklich erhöht werden konnte. Außerdem ergab sich, daß das ursprünglich dort gewählte System vieler kleiner, ferngesteuerter Unterwerke nur bei der eigentlichen Stadtbahn angewandt, bei den Vorortstrecken aber zugunsten weniger größerer Unterwerke verlassen worden war.

a. Betriebsspannung und Unterwerksabstand

Im Gegensatz zu den Fernbahnen spielt bei den Stadtbahnen nicht nur der Spannungsabfall, sondern auch die sichere Kurzschlußabschaltung und die Platzfrage eine wichtige Rolle. Man darf also nicht allein unter Zugrundelegung des stärksten zu erwartenden Verkehrs die Spannungsabfälle ermitteln, sondern muß sich darüber klar werden, auf welche Stromstärke die Streckenspeiser im Hinblick auf die Anfahrspitzen eingestellt werden müssen, um Auslösungen durch den Betriebsstrom zu vermeiden, und welche Kurzschlußstromstärken unter ungünstigsten Umständen in diesem Speisebezirk zu erwarten sind. Bei den in Berlin vorliegenden Verhältnissen erwies sich bei den mit zusammengefaßter Speisung arbeitenden Strecken, daß beide Werte dicht beieinander liegen. Es bedurfte verschiedener Kunstgriffe, um wenigstens einigermaßen befriedigende Zustände zu erreichen. Die Schwierigkeit sinkt natürlich mit dem Abstand der Unterwerke, mit der Höhe der Anfahrspitzen der Züge und mit steigender Betriebsspannung, weil unter sonst gleichen Umständen die Kurzschlußströme steigen, während die Betriebsströme fallen und auf diese Weise die Stromunterschiede größer werden.

Bezüglich der Platzfrage muß man berücksichtigen, daß die Besiedlung der Städte meistens dicht an den Bahnkörper herangerückt ist, so daß sich nicht überall die Möglichkeit zum Unterbringen der Unterwerke bietet, zumal bei den in Frage kommenden Spannungen größere Abstände von der zu speisenden Strecke nicht in Betracht kommen.

Nach eingehender Erörterung der vorstehend genannten Gesichtspunkte entschloß man sich dazu, mit der Stromschienenspannung so hoch zu gehen, als es mit Rücksicht auf die Gefährdung der an der Strecke tätigen Arbeiter zu vertreten war, und zwar auf 1500 V. Infolge der gewählten Gleichrichterbauart und der Nutzbremsschaltung kann dieser als Höchstwert anzusehende Wert nur bei einer mittleren Betriebsspannung von 1200 V eingehalten werden.

Danach wurde die Lage der Unterwerke so gewählt, daß selbst bei einem sehr starken Verkehr mit Vollzügen in 90 s Folge erträgliche Spannungsabfälle erzielt und ein gesundes Verhältnis zwischen Stromspitzen und Kurzschlußströmen eingehalten werden kann.

b. Stromlieferung

Der Drehstrom wird mit 25 kV eingespeist und nach Zwischenschaltung von Drosseln zur Begrenzung der Kurzschlußleistung auf höchstens 400 MVA in einem bahneigenen Kabelnetz längs der Strecke auf die Gleichrichterwerke verteilt.

Die Kabel sind sehr sorgfältig im Erdreich des Bahnkörpers verlegt, an den Brücken in Holzkanälen so geführt, daß sie mit den leitenden Teilen der Kunstbauten



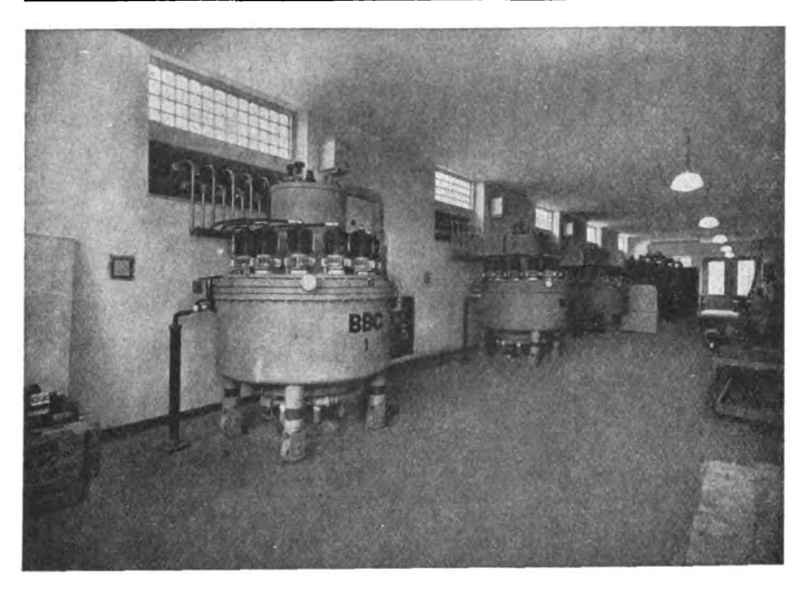


Bild 2. Gleichrichterraum.

keine Berührung haben. Verwendet wurden Papierbleikabel mit Aluminiumleitern, Drei-Bleimantel-Bauart und Flachdrahtbewehrung, die von etwa der Hälfte aller bedeutenderen Kabelwerke geliefert wurden.

Das Netz ist geschützt durch einen von der Firma SSW gelieferten Streckenschutz mit impedanzabhängiger Reservezeit. Er kommt weitgehend unserer Forderung nach möglichst rascher Abschaltung bei Störungen entgegen. Da ohnehin für die Fernsteuerung der Werke Schwachstromkabel gelegt werden mußten, war es ohne nennenswerte Mehrkosten möglich, in diesem Kabel die zwei Hilfsleitungen je Kabel vorzusehen. Der Grundgedanke eines solchen Schutzes ist bekanntlich der Vergleich der Energierichtungen am Anfang und Ende der zu schützenden Leitungsstrecke. Ist die Strecke gesund, so sind die Richtungen und Größenwerte gleich, andernfalls verschieden. Da der Schutz jedoch bei Sammelschienenfehlern und beim Ausbleiben der überwachenden Gleichspannung versagt, muß für solche Fälle die Abschaltung des gestörten Gebietes nach einer bestimmten Zeit vorgesehen werden, die durch Schaffen einer Impedanzabhängigkeit weitgehend verkürzt werden kann.

Bei der Ausbildung der Gleichrichterwerke standen genügend Vorbilder von der Berliner S-Bahn zur Verfügung. Die in Hamburg gewählte höhere Spannung hätte grundsätzlich keine Änderungen im Aufbau erfordert; lediglich die Nutzbremse ließ es ratsam erscheinen, wenigstens den Platz für die Aufstellung je eines Wechselrichters für eine etwaige Rückspeisung der zurückgewonnenen Energie vorzusehen.

Nun sind aber gerade im Schaltanlagenbau die Ansichten der Fachleute außerordentlich verschieden, weil viele Fragen nicht nur eine, sondern je nach Geschmack und persönlicher Erfahrung verschiedenartige Lösungen finden.

Zunächst sei die Frage der zweckmäßigsten Gleichrichtereinheit und Bauart behandelt. Um der sehr stark schwankenden Belastung und der zukünftigen Entwicklung möglichst weitgehend zu entsprechen, wurden die Einheiten so bemessen, daß im Endzustand in den meisten Werken je vier Einheiten und ein Wechselrichter aufgestellt wird. Man gewinnt damit die Möglichkeit, bei völligem Ausfall eines Werkes den Betrieb von den Nachbarwerken aus aufrechtzuerhalten und kann gleichzeitig eine in Berlin bereits bewährte Gleichrichtertype von 2400 A Nennstrom verwenden, die bei unserer Nennspannung von 1200 V eine Nennleistung von ~ 2900 kW besitzt und kurzzeitig auf den doppelten Wert überlastbar ist. Während die Firmen AEG und BBC die normale Bauart vorsahen (Bild 2), schlug die Firma SSW den neuen Bojentyp vor, der sich in einer Versuchsausführung bei der Berliner S-Bahn gut bewährt hatte. Da es sich hierbei um eine aussichtsreiche Neuerung handelt, entschloß sich die Reichsbahndirektion Hamburg, ein Unterwerk mit diesen neuartigen Gleichrichtern auszurüsten, obgleich sie eine grundsätzlich andere bauliche Gestaltung der Gleichrichterräume und vorerst auch eine besondere sorgfältige Temperaturregelung in diesen Räumen bedingen.

Aber auch bei den anderen Werken war die Frage der Temperaturregelung in den Gleichrichterräumen und der Beheizung der übrigen Räume Gegenstand eingehender Überlegungen.

Die Verlustwärme der Gleichrichter wird durch umlaufendes Wasser auf Luftkühler (Bild 3) übertragen und im Sommer durch Kühlluft ins Freie abgeführt. Um störende Geräusche zu vermeiden, mußten geringe Luftgeschwindigkeiten, d. h. große Kanalquerschnitte, vorgesehen werden, die die bauliche Gestaltung der Werke maßgeblich beeinflußt haben. Die Ansaugeöffnungen sind möglichst hoch gelegt worden, um die Einsaugung von Staub zu vermeiden; die Ausblasung durfte die Kühlung der Umspanner nicht beeinträchtigen. Im übrigen sind architektonische Gründe für die Lage dieser Öffnungen von starkem Einfluß gewesen (Bild 4). Im Winter wird die Kühlluft im Kreislauf durch den Gleichrichterraum geführt, so daß wir die Hoffnung haben, bei Vollbetrieb ohne Zusatzheizung auszukommen.

Die übrigen Räume sollen mit Ausnahme des ständig besetzten Befehlsraumes völlig unbeheizt bleiben. Durch klare Belüftungsanweisungen glauben wir Niederschlagswasser verhindern und auch in kalten Wintern bei Wahl geeigneter Schmiermittel und Ölfüllungen ohne Störungen an den elektrischen Apparaten arbeiten zu können.

Bezüglich der Umspanner erstreckte sich die Prüfung in erster Linie auf die zweckmäßigste Schaltung. Da unser Fernsprechkabelnetz überwiegend längs der elektrisch betriebenen Strecken verlegt ist, war zu prüfen, welche Maßnahmen zur Vermeidung von Stör-

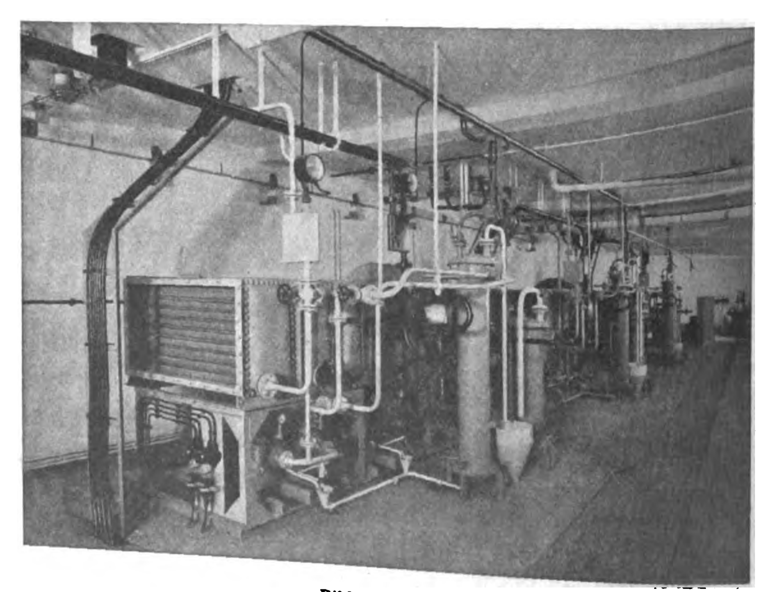


Bild 3. Kühlanlage



Bild 4. Gesamtansicht eines Werkes.

geräuschen nötig sind. Tatsächlich zeigt die Gleichspannung bei der üblichen Sechsphasenschaltung eine Oberwelle von 300 Hz, die etwa 4 bis 5 % der Gleichspannung beträgt und bei unsymmetrischen Fernsprechanlagen stören kann. Glücklicherweise ließen sich die Fernsprechanlagen leicht symmetrieren und erdfrei schalten. Nach den bisherigen Erfahrungen werden auch nach Aufnahme des Vollbetriebes keine nennenswerten Störungen eintreten.

Aber auch auf der Starkstromseite wirken sich die Gleichrichteranlagen störend aus, weil sie als Schaltapparate einen stark verzerrten Strom entnehmen. Beim Sechsphasengleichrichter liegt z. B. der Effektivwert des Primärstromes 3 bis 4 % über dem reinen Sinusstrom, und die Amplituden der hauptsächlich auftretenden 5. und 7. Oberwelle betragen 17 bzw. 12 % der Grundwelle. Dieser Oberwellenstrom ruft in allen Teilen des speisenden Netzes, in den Umspannern und Maschinen zusätzliche Verluste hervor und verzerrt die Spannungskurven des Werkes um so mehr, je größer der Anteil des Gleichrichterstromes ist.

Da sich beim Betrieb der in Sechsphasenschaltung gebauten Berliner S-Bahn keine Schwierigkeiten ergeben haben und die Leistungsverhältnisse in Hamburg keineswegs ungünstiger liegen, kamen wir zur Wahl der einfachen Sechsphasenschaltung mit Saugdrossel. Nach Vorschlag der Firma BBC wurden jedoch die Umspanner vorsorglich durch Einbau kleiner Schwenkzipfel auf der Überspannungsseite so geschaltet, daß die Spannungsvektoren der Umspanner gegenüber denen des Netzes um 15 elektrische Grade gedreht werden, und zwar je nach Drehsinn

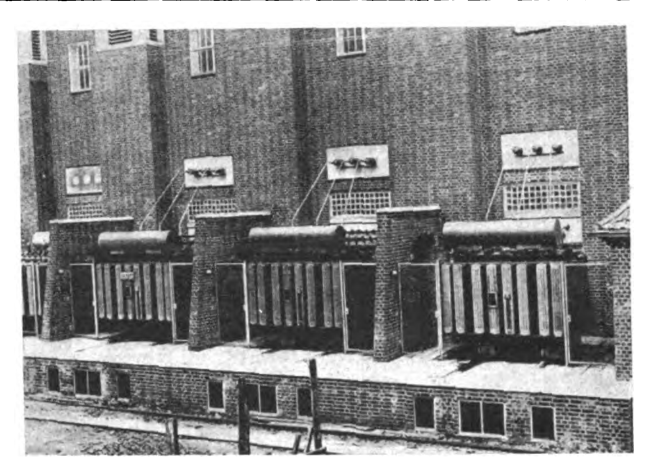


Bild 6. Aufstellung der Umspanner in einem Werk der Hochbauweise.

in der einen oder anderen Richtung. Schließt man also 2 solcher Umspanner in verschiedenem Drehsinn an das Netz, so werden die Anodenspannungen um 30 elektrische Grade und die Oberwellen der Sechsergruppe um 180 elektrische Grade gegeneinander gedreht und heben sich damit gegenseitig auf. Diese Schaltung ermöglicht es also, bei gleicher Schaltung aller Umspanner die Gleichrichteranlage 6phasig zu betreiben oder aber, falls es sich später als nötig herausstellen sollte, durch Umschaltung der Hälfte der Umspanner das Drehstromnetz 12phasig zu belasten. Hierbei wird man wahrscheinlich die Gleichrichter jedes Werkes gleichsinnig schalten, so daß zwischen zwei benachbarten Werken ein kleiner Ausgleichstrom von 300 Hz fließen wird. Besondere Sieb- oder Glättungseinrichtungen sollen vorerst nicht eingebaut werden, der Platz dafür ist aber vorgesehen worden.

Über die Aufstellung der Umspanner fanden ebenfalls eingehende Erörterungen statt, die schließlich zur Aufstellung im Freien führten. Um beim Brand eines Umspanners mit Sicherheit das Übergreifen auf den Nachbarumspanner zu verhindern, wurden ausreichend hohe Zwischenwände vorgesehen, die auch für die Befestigung der Zuleitungen benutzt werden konnten und zur architektonisch günstigen Gestaltung der Werke beitragen (Bild 5 und 6).

Die Schaltanlagen sind von den Firmen SSW, AEG, V u. H gebaut und zeigen die Besonderheiten dieser Firmen. Die Firma SSW hat ihre Expansionsschalter mit Druckluftantrieb und einem ausgezeichneten Schaltfehlerschutz, die Firma AEG ihre Druckluftschalter eingebaut und zum Antrieb natürlich auch Druckluft verwendet (Bild 7). Die Firma V u. H hat ihre ölarmen Schalter mit elektrischem Antrieb vorgesehen.

Bezüglich der baulichen Gestaltung möchte ich nur kurz darauf hinweisen, daß unsere Architekten sich bemüht haben, sich der jeweiligen Umgebung möglichst anzupassen. So entstanden an verschiedenen Stellen Werke in der, elektrotechnisch gesehen, etwas schlechteren Flachbauweise, während an anderen Stellen die

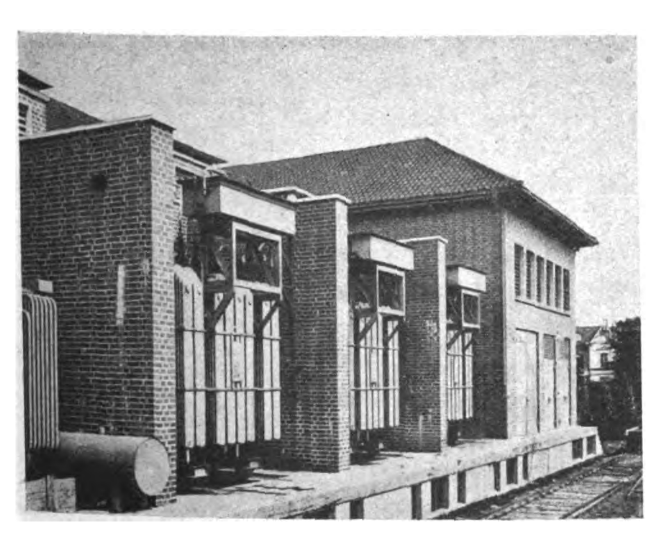


Bild 5. Aufstellung der Umspanner in einem Werk der Flachbauweise.

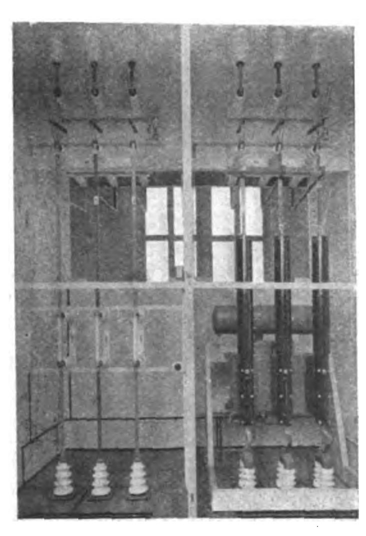


Bild 7. 25 kV-Anlage.



wegen der einfachen Leistungsführung bessere Hochbauweise gewählt wurde.

Ich erwähnte schon, daß alle Werke von einem **Befehlswerk** aus ferngesteuert werden sollen, und möchte noch kurz einiges über die Art dieser Steuerung mitteilen. Die Anlage wurde von der Relaisabteilung der SSW gebaut und arbeitet nach dem Wählersystem mit den aus den Fernsprechanlagen bekannten Bauteilen. Durch besondere Schaltmaßnahmen wird erreicht, daß Fehlsteuerungen unter allen Umständen verhindert werden[2]).

Gegenüber der Ortsbedienung hat die Fernsteuerung nicht nur den Vorteil, daß Arbeitskräfte gespart werden; entscheidend ist vielmehr, daß sämtliche Werke voll und uneingeschränkt in der Gewalt des Befehlswerkes sind, und diese Stelle sich jederzeit ein klares Bild über die Gesamtlage machen kann. Um diesen Forderungen zu genügen, sind folgende Fernsteuerungen bzw. Fernmeldungen vorgesehen:

Sämtliche Leistungsschalter der 25 kV- und 1200 V-Anlage werden ferngesteuert. Die Sammelschienentrennschalter, die wegen des in einigen Werken vorgesehenen Schaltfehlerschutzes ohnehin mit Druckluft betätigt werden, sind ebenfalls in die Fernsteuerung einbezogen, so daß vom Befehlswerk aus auch das Sammelschienensystem gewechselt werden kann. Gestörte Streckenabschnitte können durch Anlegen der Betriebsspannung über einen Widerstand ferngeprüft und durch Fernsteuerung der zwischen den einzelnen Werken vorgesehenen Kuppelstellen der Störung entsprechend geschaltet werden. Schließlich werden eine Reihe von Warnungs- und Blockierungsmeldungen fernübertragen. Zum Schutz gegen Hochspannungsbeeinflussung mußten die Fernleitungen gegenüber der Apparatur abgeriegelt werden. Man verwendet daher 50 Hz Wechselstrom als Übertragungsenergie und verbindet die Apparatur durch Ringübertrager mit den Fernleitungen. Für die Stromquellen sind weitgehende Sicherheiten geschaffen. Über ein besonderes Adernpaar der Fernsteuerkabel werden noch einige Meßwerte mittels des Impulsfrequenzverfahrens übertragen; insbesondere ist es dadurch möglich, die an den verschiedenen Einspeisestellen gelieferte elektrische Arbeit mit ihrer Blind- und Wirkleistung als Gesamtwert zu erfassen.

d. Stromzuführung und -rückleitung

Da in Deutschland mit der Zuführung von 1200 bis 1500 V mittels dritter Schiene noch keine Erfahrungen vorlagen, hielten wir uns für verpflichtet, alle Vorkehrungen zu treffen, um die an der Strecke tätigen Arbeiter gegen Unfälle, insbesondere auch durch Berühren der an den

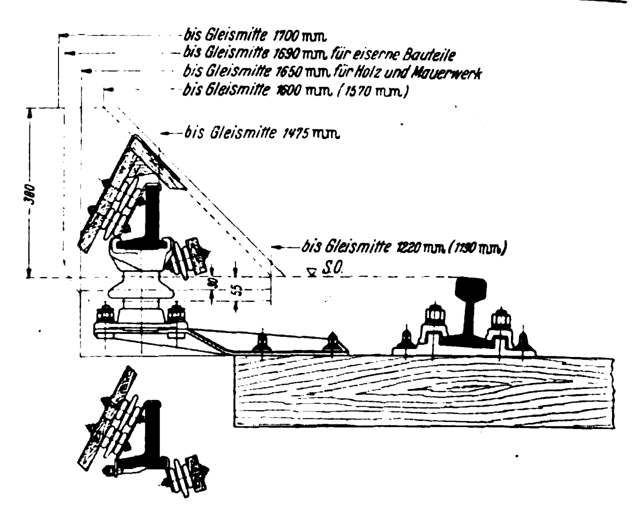


Bild 9. Stromschienenanordnung.

Wagen heraustretenden Stromabnehmer, zu schützen. Daher wurde verlangt, daß die Stromabnehmer einziehbar gestaltet werden. Diese Forderung ließ sich aber mit einfachen Mitteln nur erfüllen, wenn von der in Berlin verwendeten, unten bestrichenen Stromschiene zu einer seitlich bestrichenen übergegangen wurde. Hierbei läßt sich nämlich der Stromabnehmer, der bei nicht profilfreien Kunstbauten seitlich weggedrückt und daher mit zwei Gelenken ausgeführt werden muß, mit nur einem Gelenk ausführen (Bild 8). Gleichzeitig gewinnt man dabei den Vorteil, daß in Weichen ein zwangloser Auflauf des Stromabnehmers entsteht und auf die lästigen Hilfskonstruktionen, wie Berlin sie anwenden muß, verzichtet werden kann. Auch für den Isolator ergibt sich zwanglos eine sehr günstige Lösung.

Tatsächlich hat sich erwiesen, daß bei uns der Lauf des Stromabnehmers besser als in Berlin ist, obgleich die Stromschienenanlage, insbesondere an den Weichen, einfacher gestaltet worden ist.

Die höhere Betriebsspannung ließ es weiterhin geraten erscheinen, zwischen dem Holzschutzkasten und der Stromschiene Porzellanisolatoren einzuschalten, damit nicht bei feuchtem Wetter bedenkliche Berührungsspannungen entstehen. Man ging hierbei von der Feststellung aus, daß trotz aller Warnungen eine Berührung des Schutzkastens unvermeidbar ist und bei feuchtem Wetter schon bei Spannungen von 600 bis 800 V unangenehme Schläge verursacht. Insgesamt ergab sich die in Bild 9 dargestellte Stromschienenanordnung, die sich auch in dem vergangenen, für Hamburg ungewöhnlich schneereichen Winter als durchaus betriebssicher erwiesen hat. Mittels einfacher Schutzvorrichtungen läßt sich an solchen Stellen, wo Arbeiten in bedenklicher Nähe der Stromschiene ausgeführt werden müssen, eine Abdeckung der Unter-, und wenn nötig, auch der Vorderseite vornehmen. Im letzten Falle zieht der Triebwagenführer die Strom-

[2]) Henning, Siemens-Z. 18 (1938) S. 255, 402 u. 440.



Bild 8. Stromabnehmer.

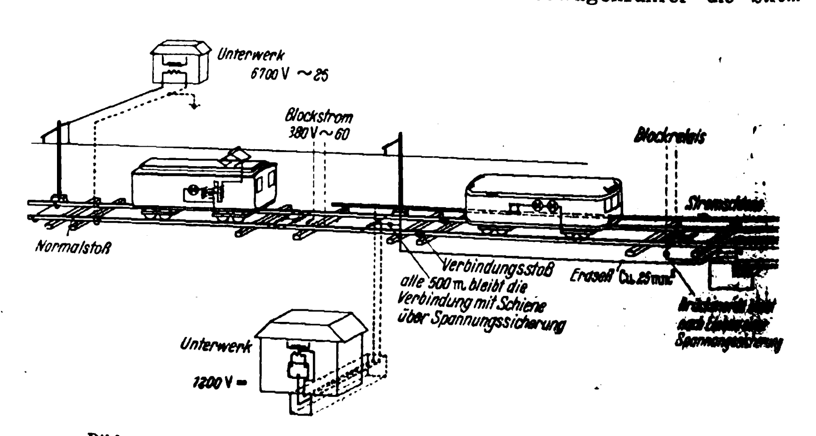


Bild 10. Stromlauf bei gleichzeitigem Betrieb von Gleich- und Wechselstrom.

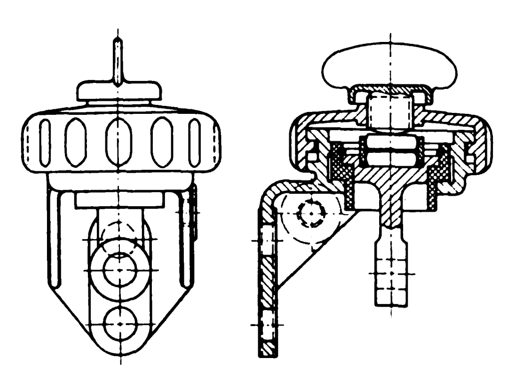


Bild 11. Spannungssicherung.

abnehmer ein und fährt mit Schwung über die Baustelle.

Im normalen Betriebe ist die Stromschienenanlage über die bereits erwähnten, etwa in der Mitte zwischen den Gleichrichterwerken angeordneten Kuppelstellen durchgeschaltet und quergekuppelt; bei Störungen tritt sofort eine Auftrennung ein.

Wesentlich umfangreichere Probleme wurden uns bei der Rückführung des Gleichstroms gestellt, zumal wir hierbei auch an die Rückführung des Wechselstroms und den für die selbsttätige Streckenblockung arbeitenden Schienenstrom denken mußten. In Bild 10 habe ich versucht, wenigstens die Grundzüge der hierbei auftretenden elektrotechnischen Probleme darzustellen.

Behandeln wir zunächst den Gleichstrom. Um die gefürchteten Korrosionen zu verhüten, muß man sich bemühen, ihn, soweit irgend möglich, in den Fahrschienen zu halten. Das geschieht durch Verwendung von Holzschwellen, gut entwässernder Schotterbettung, gut leitenden Schienenverbindern und Entfernung sämtlicher mit Erde in Verbindung stehender Bauteile. Anderseits erfordert die Sicherheit der an der Strecke tätigen Arbeiter, daß alle gleichstromgefährdeten Bauteile zur Erzielung umgehender Abschaltung mit der Schiene verbunden werden (z. B. Brücken und Masten, die im Bereich eines beschädigten Stromabnehmers liegen).

Also bleibt nichts anderes übrig, als entweder diese Bauteile möglichst vor einer solchen Berührung zu schützen, von Erde zu befreien oder über eine sogenannte Spannungssicherung an die Schiene anzuschließen. Bild 11 zeigt eine solche vom Reichsbahn-Zentralamt München unter Mitwirkung von Usbeck entwickelte Einrichtung, die bei Erreichen von etwa 200 V eine auch für viele 1000 A brauchbare Verbindung zwischen Schiene und Bauwerk herstellt.

Der Wechselstrom muß die gleichen Schienen benutzen, fordert aber, daß aus gleichen Gründen wie oben angegeben auch die wechselstromgefährdeten Bauteile möglichst gut mit der Rückleitung zum Kraftwerk verbunden werden. Das geschah früher durch Anschluß an die Schiene; da es sich aber hierbei überwiegend um Masten und Bauwerke handelt, die dem Bereich einer reißenden Fahrleitung oder eines beschädigten Stromabnehmers nicht entzogen und auch nicht ausreichend enterdet werden können, haben wir uns, zumal auch die Streckenblockung dazu zwang, dazu entschließen müssen, längs der ganzen Strecke ein besonderes Erdseil zu verlegen, an das alle diese Teile angeschlossen werden.

Die Blockanlagen schließlich bedingen, daß die beiden Schienen und auch die einzelnen Blockstrecken für den Blockstrom von 50 Hz voneinander getrennt werden. Das wird durch den eingezeichneten Einbau von Drosselstößen erreicht, die den Gleich- bzw. Einphasenstrom der Fahrzeuge zwar ungehindert durchlassen, den Blockstrom aber sperren.

Weiterhin kann man dem Bild 10 entnehmen, daß während des gemischten Betriebes der Gleichstrom über die Umspanner der alten Wagen und der Wechselstrom über die Gleichrichter der neuen Werke fließt, beides Erscheinungen, die durchaus unerwünscht sind und z. T. schon zu unliebsamen Folgen geführt haben. Auf die Schwierigkeiten, die sich in dem Triebwagenschuppen ergeben, wo Schienenerde, Wassererde und Schutzerde der elektrischen Handgeräte in vielfältiger Weise zusammentreffen, sowie auf das Durcheinander in solchen Unterwerken, wo wir außer der Schienenerde und der Werkserde noch eine Wassererde der Speisekabel und eine Blitzableitererde haben, will ich hier nicht näher eingehen.

e. Elektrische Ausrüstung der Fahrzeuge

Die Fahrzeuge wurden unter Leitung des Reichsbahn-Zentralamts München[3]) von den Firmen BBC, Mannheim, und Linke-Hofmann, Breslau, gebaut (Bild 12). Auch hier lag es nahe, sich den Erfahrungen der Berliner S-Bahn anzuschließen. Das ist tatsächlich bezüglich der allgemeinen Raumeinteilung zum großen Teil geschehen; hinsichtlich der elektrischen Ausrüstung jedoch mußten wir von vornherein andere Wege gehen, weil wir elektrische Nutzbremsung anwenden wollten. Außerdem aber wollten wir bis an die Grenze derjenigen Reisegeschwindigkeit gehen, die sich wirtschaftlich vertreten läßt. Beide Gründe führten dazu, daß die eingebaute Motorenleistung nicht nur erheblich größer als die der alten Wagen, sondern auch als die der Berliner Wagen ist. Jeder Wagen hat

[3]) Vgl. ausführliche Beschreibung in Elektr. Bahnen 16 (1940) S. 95. Ber. siehe S. 297 dieses Heftes.

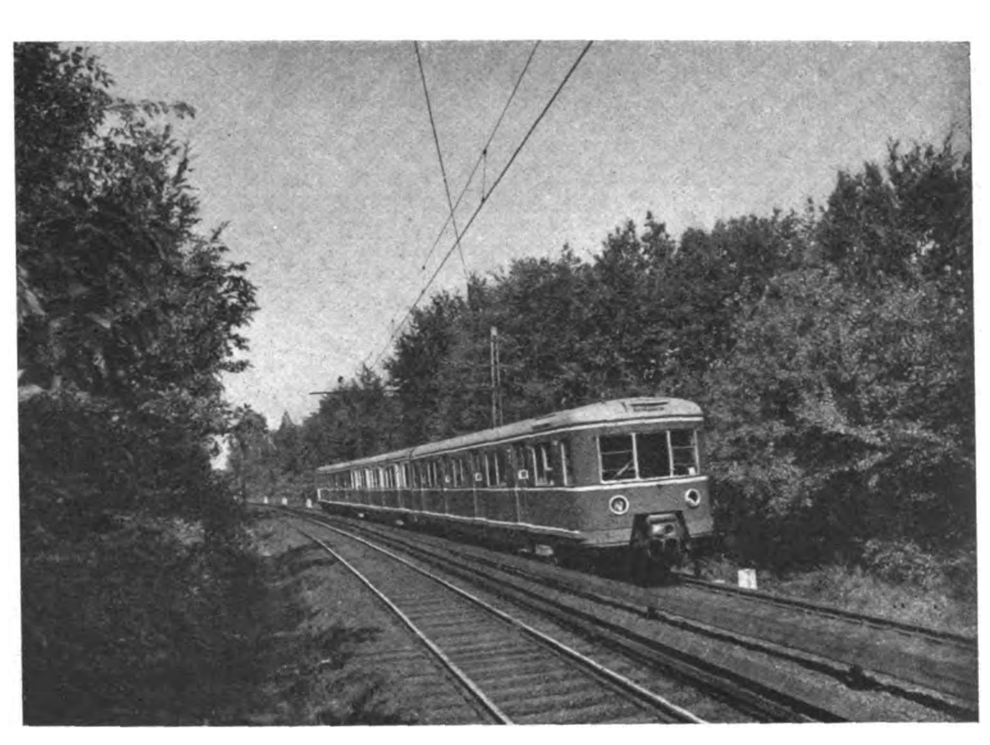
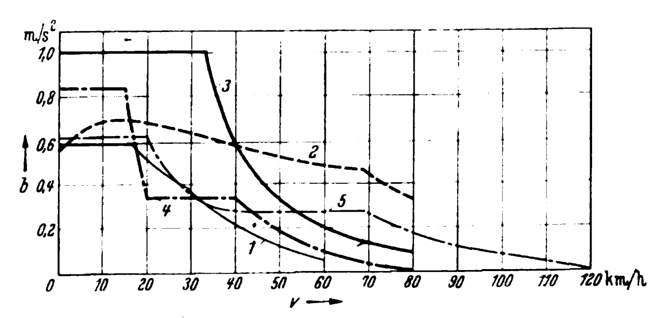


Bild 12. Die neuen Wagen.



1 Hamburger S-Bahn, alter Triebwagenzug für Wechselstrom
2 Hamburger S-Bahn, neuer Triebwagenzug für Wechselstrom (Entwurf)
3 Hamburger S-Bahn, neuer Triebwagenzug für Gleichstrom
4 Berliner S-Bahn, gewöhnlicher Triebwagenzug
5 Berliner S-Bahn, Probetriebwagenzug 1935

Bild 13. Beschleunigungsschaubild verschiedener Triebwagenarten für Anfahrt in der Ebene.

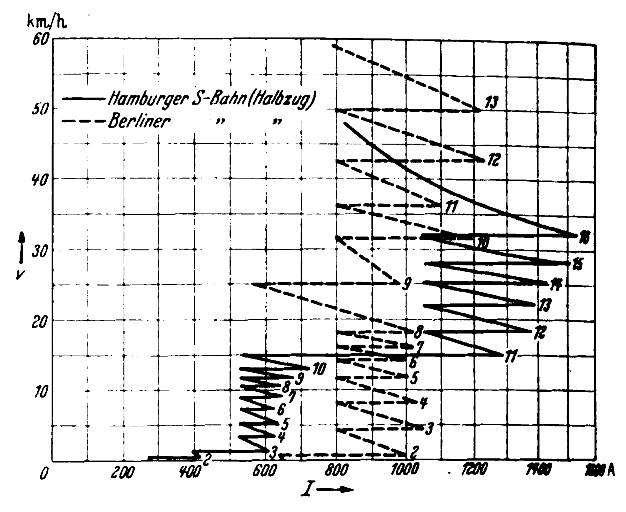
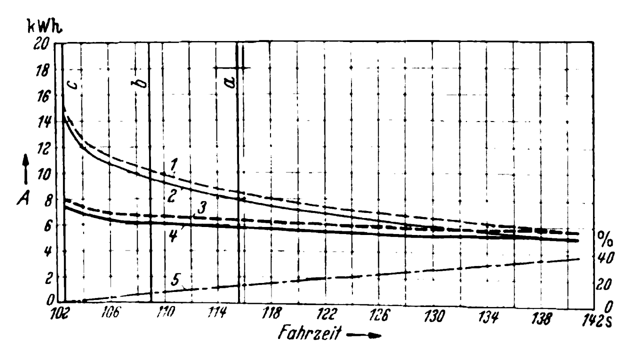


Bild 15. Stromverlauf beim Anfahren.

acht Motoren von je 145 kW Stunden- und 110 kW Dauerleistung, während die alten Wagen je Halbzug nur vier Motoren von je 120 kW Dauerleistung und die Berliner Wagen acht Motoren von je 90 kW Dauerleistung besitzen. Die mit dieser Motorenleistung erreichbare Beschleunigungsschaulinie ist in Bild 13 einigen anderen Schaulinien gegenübergestellt und zeigt deutlich einmal die Überlegenheit des ursprünglich geplanten Wechselstromwagens bei höheren Geschwindigkeiten, dann aber auch die Verbesserung gegenüber dem alten und dem Berliner Wagen.

Der Anfahrvorgang war Gegenstand eingehender Untersuchungen. Aus Gründen einer möglichst einfachen Schaltung wurde von der den elektrischen Teil liefernden Firma BBC zunächst die einfache Parallelschaltung vorgeschlagen. Aus Bild 14 ist jedoch zu erkennen, daß die Stromaufnahme der Wagen sich bei der Reihenparallelschaltung bemerkenswert verringern läßt. Wir haben uns daher trotz der etwas schwierigeren Schaltung hierfür entschieden, zumal auch Berlin in gleicher Weise arbeitet. Das Vorbild von Berlin konnte aber bezüglich der Einstellung des Anfahrvorganges auf gleichbleibenden Wagenstrom nicht kritiklos hingenommen werden. Man erreicht zwar damit geringere Anfahrstromspitzen, was aus obendargelegten Gründen in gewissen Fällen sehr wichtig ist, muß sich aber dann beim Übergang auf die Parallelschaltung mit einem erheblichen Abfall der Zugkraft und damit einer Verlängerung des Anfahrvorganges abfinden. Abgesehen von dem Fahrzeitverlust werden auch



1 Energieaufnahme bei Anfahrt in Parallelschaltung ohne Nutzbremsung
2 Energieaufnahme bei Anfahrt in Reihenparallelschaltung ohne Nutzbremsung
3 Energieaufnahme bei Anfahrt in Parallelschaltung mit Nutzbremsung
4 Energieaufnahme bei Anfahrt in Reihenparallelschaltung mit Nutzbremsung
5 Zeitrückhalt in % der kürzesten Fahrzeit
a planmäßige Fahrzeit
b zur Einholung von Verspätungen zugelassene kürzeste Fahrzeit
c erreichbare kürzeste Fahrzeit

Bild 14. Energieaufnahme der Gleichstrom-Halbzüge der Hamburger S-Bahn bei verschiedenen Fahrzeiten für eine mittlere Strecke von 1480 m.

die Verluste erhöht, weil die Anfahrwiderstände länger eingeschaltet bleiben. Für unsere Verhältnisse in Hamburg ergab sich, daß bei der Berliner Schaltung die Höchstgeschwindigkeit von 80 km/h im waagerechten, geraden Gleis nach 80 s, bei gleichbleibendem Motorstrom aber schon nach 63 s erreicht wird, und daß für die Beförderung über den mittleren Haltestellenabstand von 1480 m im ersten Falle 54,0 Wh/tkm, im zweiten aber 41,2 Wh/tkm benötigt werden. Diesem offensichtlichen Vorteile der Anfahrt mit gleichem Motorstrom steht aber, wie aus Bild 15 zu entnehmen ist, die starke Erhöhung des Anfahrstromes des Wagens gegenüber. Für das Kraftwerk ist zwar diese Tatsache ohne Bedeutung, weil die große Zahl der Einzelfahrzeuge ausgleichend wirkt; sie spielt aber bei der Einstellung der Streckenschalter eine Rolle. Infolge unserer höheren Betriebsspannung glauben wir, dieser Schwierigkeit begegnen zu können.

Für die Nutzbremsung hat die Firma BBC eine elegante Lösung gefunden. Mit Hilfe eines richtig bemessenen Bremsumformers erhalten die Motoren in der Bremsschaltung eine solche Kennlinie, daß ohne weitere Schaltungen eine angenehme Bremsung bis herunter auf 35 km/h möglich ist. Damit ist der größte Teil der Bewegungsenergie zurückgewonnen, so daß von da ab unbedenklich die normale Widerstandsbremsung in Tätigkeit treten kann. Das gleiche tritt auch ein, wenn das Netz zur Rücknahme von Bremsenergie nicht aufnahmebereit ist. Das ist z. B. jetzt ständig, später zu Zeiten des schwachen Verkehrs in den Morgen- und Abendstunden der Fall. Selbstverständlich gehen alle diese Prüfungen und Umschaltungen selbständig vor sich. Zur Abstufung des Grades der elektrischen Bremsung sind zwei Stufen vorgesehen. Um insgesamt einen ausreichenden Bremswert bis zum Stillstand zu erreichen, wird bei Erreichen von etwa 25 km/h die normale Luftbremse, allerdings mit elektrischer Ventilbetätigung, in Tätigkeit gesetzt. Bei Erreichen einer bestimmten Bremswirkung schaltet sie die elektrische Bremse selbsttätig ab. In Gefahrfällen wird die Luftsteuerung der Luftbremse verwendet, wie sie auf allen Eisenbahntriebfahrzeugen üblich ist. Die gesamten Schalt- und Steuerapparate sind aus erstaunlich wenigen Bauteilen aufgebaut und sehr geschickt unter dem Wagenboden und auf den Führerständen untergebracht.

Von der übrigen, nicht ganz einfachen elektrischen Ausrüstung der Triebwagen möchte ich nur noch die elektrische Lüftung und Heizung erwähnen, weil auch sie gegenüber den Berliner Wagen etwas Neues darstellt. Nach den Erfahrungen bei der Berliner S-Bahn kann auf eine künstliche Lüftung der häufig stark gefüllten Abteile, insbesondere bei den Rauchern, nicht verzichtet werden. Wenn aber erst eine solche Lüftungsanlage geschaffen ist, liegt es nahe, sie zugleich zur Heizung aus-

zunutzen, zumal damit die lästigen Heizkörper unter den Bänken verschwinden. Daher sind in die Belüftungskanäle Durchlauferhitzer eingebaut, die mittels eines nicht ganz einfachen Systems von Wärmefühlern so gesteuert werden, daß bei allen in Hamburg vorkommenden Außentemperaturen eine Raumtemperatur von etwa 18 ° erzielt wird. Die Warmluft wird unten eingeblasen und die verbrauchte Luft oben abgesaugt, wobei mit besonderer Sorgfalt das Auftreten von Zugerscheinungen vermieden wurde. Wir sind uns darüber klar, daß an heißen Sommertagen auf das Öffnen der Fenster nicht verzichtet werden kann, glauben aber, für den wesentlich längeren Teil des übrigen Jahres auch bei geschlossenen Fenstern einen angenehmen Aufenthalt selbst in den Raucherabteilen erzielen zu können. Die Anlage ist unter Mitwirkung der Firma BBC von der Firma Pintsch gebaut worden.

Zusammenfassung

Die Elektrotechniker haben hier mit großem Mut die Einführung eines völlig neuen Stromsystems gewagt und gewonnen. Wenn wir nun auch nach reiflicher Überlegung dieses System jetzt aufgeben, so haben die hier gewonnenen Betriebserfahrungen bei der Elektrisierung der Fernbahnen vielfältig ihre Früchte getragen und werden sich auch weiterhin auswirken. Die Deutsche Reichsbahn hat sich damals bei den Fernbahnen für 16⅔ Hz entschieden und inzwischen schon 3273 km Streckenlänge nach diesem System ausgerüstet. Da die öffentliche Elektrizitätsversorgung damals diese Sonderfrequenz noch nicht liefern konnte, hat die Deutsche Reichsbahn in ähnlicher Weise, wie es hier geschehen ist, den elektrischen Strom in eigenen Werken erzeugt und hierbei die Erfahrungen des Altonaer Bahnkraftwerks weitgehend ausgenutzt. Auch der später aufgestellte Periodenumformer wurde zum Vorbild für die vor kurzem aufgestellten Bahnumformer, mit deren Hilfe die Reichsbahn einen Teil der für die Strecke Nürnberg – Halle benötigten Energie aus dem Drehstromnetz der öffentlichen Landesversorgung entnimmt. Unsere sehr stark in Anspruch genommene Fahrleitung war sehr oft der geeignete Ort, um technische Neuerungen auf dem Gebiet des Fahrleitungsbaus möglichst rasch und gründlich erproben zu können; u. a. wurde hier zunächst das Kohleschleifstück gründlich erprobt, bevor es im Fernbetrieb eingesetzt wurde. Schließlich haben die hier gewonnenen guten Erfahrungen mit dem Einphasenwechselstrombetrieb im Stadt- und Vorortverkehr dazu geführt, daß die S-Bahn in München, die sich nur schwer von dem elektrischen Fernzugbetrieb hätte trennen lassen, mit Einphasenstrom 16⅔ Hz betrieben werden soll.

Der fortschrittliche Geist der Elektrotechniker ist auch bei der Neugestaltung der Hamburger S-Bahn lebendig geblieben; die Wahl der höheren Stromschienenspannung, die Anwendung einer neuzeitlichen Stromzuführung und einer neuartigen Gleichrichterbauart, die Nutzbremsung und Luftheizung der Wagen sind technische Fortschritte, die bei der bisher üblichen vorbildlichen Zusammenarbeit zwischen den Ingenieuren der Großfirmen und der Reichsbahn und der Hingabe der durch diese technischen Neuerungen zunächst mehr als bisher belasteten Reichsbahnbeamten und -arbeiter zu einem vollen Erfolg führen werden.

Wasserkraftbetriebene Synchrongeneratoren für 70 000 kVA, 125 U/min

Von Fritz Götze VDE, Berlin

DK 621.313.322-82

Übersicht. Der Größe und des Aufbaues wegen bemerkenswerte Stromerzeuger werden beschrieben und die Gründe für die gewählte Bauart dargelegt.

1. Allgemeine Angaben

Drei kürzlich fertiggestellte Stromerzeuger für 70 000 kVA bei $\cos \varphi = 0{,}85$ und 125 U/min sind zur Aufstellung in einem Kraftwerk im Sungari (Mandschukuo) bestimmt, das in seinem ganzen Aufbau 8 Maschinensätze gleicher Leistung enthalten wird. Die Stromerzeuger werden über eine starre Flanschkupplung durch Francisturbinen angetrieben, die ein Gefälle von 72 m ausnutzen und beim Durchgehen 257 U/min erreichen können. Die Maschinen sind Drehstrom-Synchrongeneratoren und arbeiten unmittelbar auf je einen Umspanner, der die Maschinenspannung von 13 800 V auf 154 000 bzw. 220 000 V heraufsetzt. Der gewährleistete Wirkungsgrad bei Vollast und $\cos \varphi = 1$ beträgt 97,5 %, bei $\cos \varphi = 0{,}85$ ist er 96,8 %. Die mit Rücksicht auf die Stabilität der Energieübertragung verlangte Ladeleistung von mindestens Nennleistung bei Nennspannung führte zu einer Vergrößerung der Maschine. In gleichem Sinne wirken der geforderte Stoßkurzschlußblindwiderstand von 30 %, der kurzzeitige Stoßkurzschlußblindwiderstand von 24 % und der synchrone Blindwiderstand von 85 %. Das Kurzschlußverhältnis beträgt 1,4, die Spannungsänderung im Leerlauf 24 %.

Die allgemeinen Grundsätze für die Konstruktion des Stromerzeugers ergaben sich aus den verschiedenen zu erfüllenden Bedingungen. Der Versand auf der Eisenbahn erforderte eine Beschränkung in den Abmessungen und Transportgewichten. Das äußere Bild war mit Generatoren amerikanischer Erzeugung abzustimmen. Aus diesen beiden und anderen Gründen wurden gegossene Teile nur in geringem Umfang verwendet. Das Fundament durfte nicht durch größere Kanäle geschwächt werden, wodurch also eine Luftzuführung zur Maschine von oben her notwendig wurde. Die Temperaturschwankungen des Landes von + 40 ° bis — 40 ° C brachten einerseits eine Verringerung der zulässigen Erwärmung der Maschine, anderseits müssen für das Anfahren die Lager geheizt werden. Die Luft des Generators wird in einem mit Rückkühlung ausgerüsteten Kreislauf geführt. Im Winter wird warme Abluft zum Heizen des Maschinenhauses benutzt. Den Hauptschnitt durch den Generator zeigt Bild 1.

2. Der Ständer des Großgenerators

Der Ständer ist vierteilig. Das Gehäuse ist mittels elektrischer Schweißung aus Stahlblechen aufgebaut und wiegt daher nur 46 t. Um das schwierige Bearbeiten der Teilfugen am fertiggeschweißten Gehäuse zu ersparen, wurden vorher bearbeitete und verschraubte Balken eingeschweißt. Gleichzeitig liegen auf ihnen sowie auf eingeschweißten durchgehenden Walzträgern die Arme des Tragsternes, so daß dessen Belastung von 1300 t unmittelbar auf das Fundament übertragen wird. Zahlreiche Paßbolzen und Schrauben im unteren Gehäuseflansch übertragen die Umfangskräfte beim Stoßkurzschluß auf die im Boden vergossenen und verankerten Sohlplatten. Das wirksame Ständereisen besteht aus beidseitig gelackten, 0,5 mm starken Dynamoblechen mit einer Verlustzahl von 2,3 W/kg, die in Paketen überlappt verschichtet sind, um bei genügendem Zusammenhalt und geringem magnetischen Widerstand Verwerfungen durch Wärmedehnungen zu vermeiden. Gegen Umfangskräfte sind die Bleche durch in die Blechrücken eingreifende Schwalbenschwanzleisten des Gehäuses gehalten; Stahlpreßplatten mit Bolzen, die außerhalb der Bleche liegen, pressen über unmagnetische Druckfinger die Bleche in Achsrichtung fest zusammen. Bei der großen Eisenbreite von 1750 mm mußte die Eigenschwingungszahl der Bolzen durch Verkeilen mit den Gehäusewangen erhöht werden.



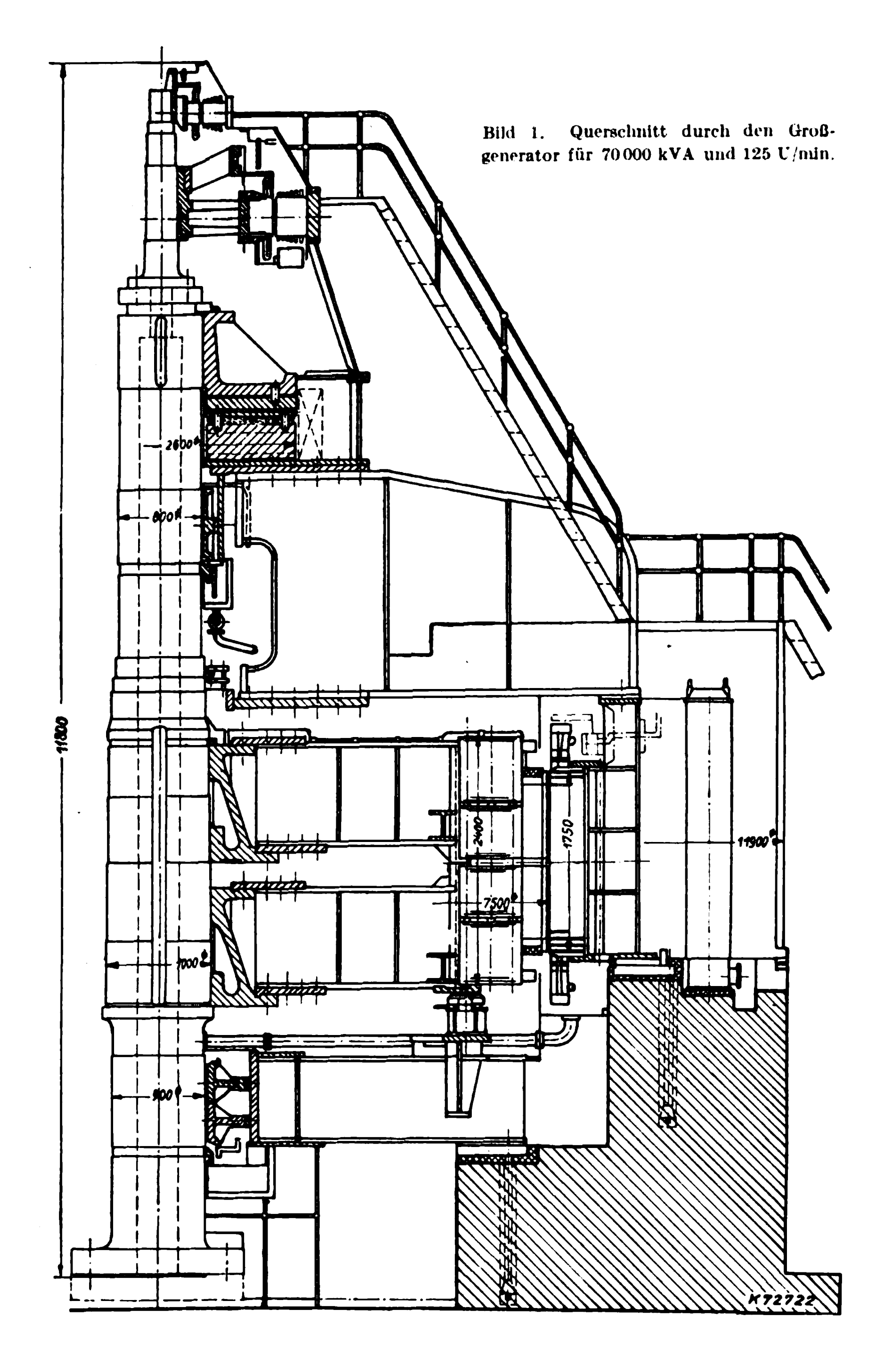


Bild 1. Querschnitt durch den Großgenerator für 70000 kVA und 125 U/min.

Die Ständerwicklung ist eine Zweischicht-Stabwicklung; sie ist als Wellenwicklung ausgeführt, da hierdurch in Verbindung mit schrägen Löthülsen die Umleitungen vermieden wurden. Die mit Asbest isolierten Rechteckdrähte ermöglichten eine einfache und sichere Herstellung des Kunststabes, wobei jeder der zahlreichen Drähte nacheinander jede mögliche Lage innerhalb des Stabes einnimmt, wodurch die Wirbelstromverluste erheblich herabgedrückt werden. Im Vakuumtränkofen wird jede Luft zwischen den Drähten entfernt und durch Asphalt ersetzt. Im Nutenteil erhält der Stab auf einer Bügelmaschine eine Mikahülse, während die Stabköpfe mit Glimmerband umwickelt sind. Die Mikahülse hielt einer Prüfspannung von 50 kV stand. Die halbleitende Nutauskleidung dient als Glimmschutz. Die hartgelöteten Stabenden der Ober- und Unterstäbe sind durch weich aufgelötete Löthülsen verbunden und haben eine mit Isolationsmasse ausgegossene Schutzkappe. Das Löten der Stabwicklung im Tauchverfahren zeigt Bild 2. Schwalbenschwanzkeile aus Hartgewebe halten die Stäbe in den offenen Nuten der Ständerbleche fest. Gegen die Kurzschlußkräfte besitzt die Wicklung eine kräftige Abstützung. Um eine geräuscharme Maschine zu erhalten, wurden u. a. die Ständernuten geschrägt, nachdem es gelungen war, trotz des großen Querschnitts den Stab einwandfrei in die schraubenförmig verwundene Nut einzubringen.

3. Der Läufer

Besonders bemerkenswert ist der Aufbau des Läufers. Bei dem geforderten Schwungmoment von 12 500 tm² und Außendurchmesser von rund 7500 mm ergibt sich ein massiger Jochring von über 200 t Gewicht. Bei der hohen Umfangsgeschwindigkeit von 100 m/s beim Schleudern entsprechend 257 U/min mußte der Jochring, der außer der eigenen Fliehkraft noch 48 Pole mit einer Fliehkraft von je 350 t aufzunehmen hat, unbedingt zuverlässig sein. Er wurde daher aus mehrere Millimeter starken hochwertigen Stahlblechen aufgebaut, die ihre Form mit allen Aussparungen für Bolzenlöcher und Hammerköpfe durch Stanzen erhielten. Der Jochring besteht aus mehreren in Umfangsrichtung liegenden Blechen, deren Teilfugen in den einzelnen Lagen gegeneinander versetzt sind. Bolzen mit geringem Spiel übertragen die Umfangskräfte mittels Schub und dienen gleichzeitig zum Zusammenpressen der Bleche. Hierdurch trägt etwa 80 % des Jochquerschnittes, also ein erheblich höherer Teil als bei Keil- oder Schrumpfverbindung der Jochringteile. Durch Abkeilen der Blechkette von den Armen erhält sie eine solche Vorspannung, daß im Betrieb auch keine wesentlich höheren Dehnungen auftreten als bei gegossenen Rädern. Der Armstern des Polrades ist sehr leicht, da er neben der Eigenbeanspruchung und der geringen Belastung durch das Drehmoment nur in Achsrichtung Lasten aufzunehmen hat. Die Arme sind geschweißte I-Profile, die über Stahlscheiben mit der Stahlgußnabe verschraubt sind. Die Kranverhältnisse erzwangen eine Teilung der Polräder in zwei übereinander liegende, die nur durch die Pole miteinander verbunden sind. Die Pole bestehen aus 1,5 mm dicken, gelackten Stahlblechen, die durch Bolzen über kräftige Pol-Endstücke zusammengehalten werden. Zur weiteren Versteifung gegen Ausknicken des Hammerkopfes wurde in der Mitte eine starke Blechplatte eingefügt. In ihr wurde auch das Stahlband befestigt, das ein seitliches Ausweichen der Spule verhindert. Die Spule hat mehrere hochkant um den Polkern gelegte Windungen aus Flachkupfer, von denen jede zweite als Kühlrippe vorsteht. Die Windungen sind durch Asbest getrennt und mit Schellack unter Druck und Hitze zusammengebacken. Der unter der Spule liegende Stahlrahmen ist unter der Presse an den Polkern geschweißt, so daß jeder Pol ein unveränderliches Ganzes bildet, was für Versand sowie Ein- und Ausbau (Bild 3) von erheblichem Vorteil ist. Der Stromerzeuger besitzt Eigenbelüftung, und zwar ist der Lüfter als Axiallüfter ausgebildet, dessen einzelne Schaufeln auf dem Jochring befestigt sind. Zur Vermeidung von Schwingungen bestehen die Blätter aus Hartgewebe. Die 41 t schwere Welle wurde zur Gewichtsersparnis 400 mm stark ausgebohrt.

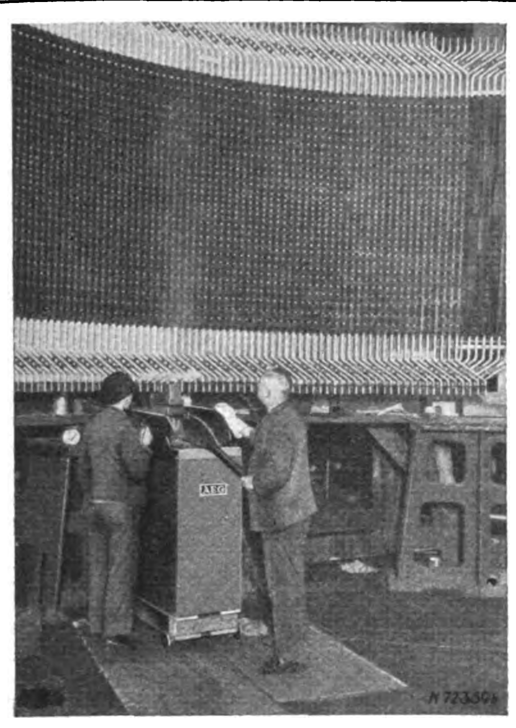


Bild 2. Löten der Stabwicklung im Tauchverfahren.

4. Anordnung der Lagerung

Die Lagerung besteht der verhältnismäßig schweren, gedrungenen Massen des Polrades wegen aus je einem Führungslager ober- und unterhalb des Polrades und dem Spurlager über dem oberen Führungslager. Das untere Führungslager, das sowohl im Umfang als auch axial geteilt ist — letzteres um eine bessere Einstellung zu ermöglichen —, wird durch ein geschweißtes Lagerkreuz gegen das Fundament festgelegt. Der Tragstern nimmt das obere Führungslager in sich auf und überträgt die Last des Spurlagers auf das Gehäuse. Die acht sternförmig angeordneten 2,2 m hohen geschweißten Arme sind mit Paßbolzen zwischen zwei Scheiben geschraubt. Diese Armanordnung gewährleistet eine unbedingt gleichmäßige Durchbiegung, wie sie für den Unterbau eines derart großen Lagers nötig ist. Das Spurlager (Bild 4) ist für 1300 t berechnet und nimmt außer der Last aller umlaufenden Generatorteile von 400 t noch das Turbinenrad von 85 t und den Wasserdruck von 685 t auf. Geringere Unterschiede in der Auflage gleichen die 1700 Federn aus, auf denen die dünnen Stahl-Spurplatten mit Weißmetallaufguß liegen. Die über die ganze Ausdehnung der Spurplatten reichende Unterstützung verhindert ein unerwünschtes Durchbiegen, ermöglicht jedoch unter den in der Ölschicht auftretenden Kräften die erforderliche Schrägstellung der Spurplatten. Um ein Springen der Maschine zu vermeiden, erhalten die Federn eine Vorspannung. Der Spurkopf ist in Rippenform aufgebaut, die ein spannungsfreies Gießen ermöglicht und für wirksame Kühlung sorgt, so daß Wärmespannungen im Kopf und Wellensitz klein bleiben. Leitbleche sorgen für eine sichere Führung des Öles durch die im Lagergehäuse befindlichen Rippenkühler. Alle diese Maßnahmen ergaben ein Spurlager mit besonders niedrigen Reibungsverlusten.

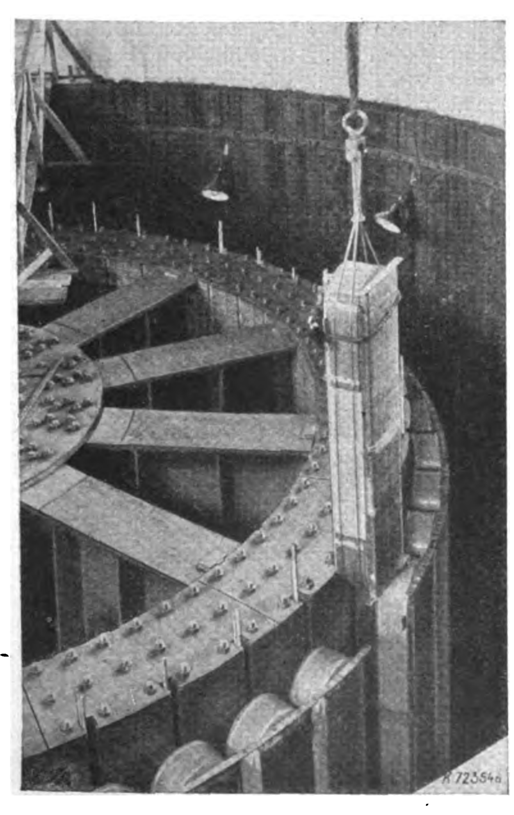


Bild 3. Einbauen der Pole.

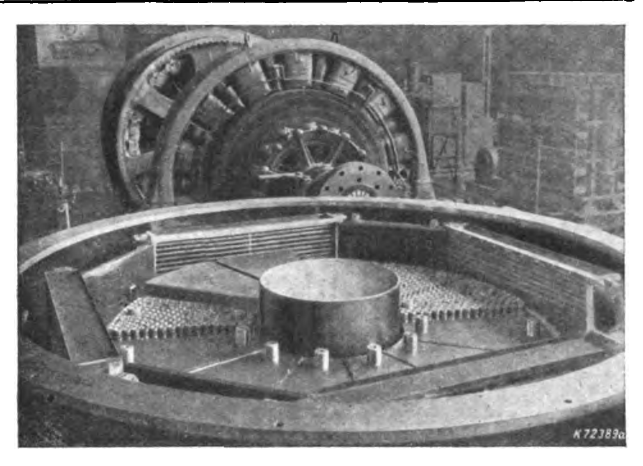


Bild 4. Zusammenbau des Spurlagers.

5. Erregermaschinen und Zubehöreinrichtungen

Über dem Spurlager ist die Haupt- und die Hilfserregermaschine aufgebaut. Ihre Anker sind fliegend an die Hauptwelle angeschraubt. Der Erregersatz ist für Stoßerregung bemessen und dient auch zum Antrieb bei der Schleuderprobe in der Werkstatt. Die Nennleistung der Haupterregermaschine beträgt 420 kW bei 250 V.

Zur Überwachung eines so großen Maschinensatzes gehören selbstverständlich zahlreiche Meßgeräte, wie Thermometer, Druckmesser, Ölstand- und Strömungsanzeiger. An wichtigen Stellen, wie beim Lager, sind mindestens zwei voneinander unabhängige Meßgeräte vorhanden. In die Ölbehälter der Lager eingebaute Heizkörper sorgen für ein Anwärmen des Öles auf 20 ° C, um nach Betriebspausen ein sicheres Arbeiten der Lager zu gewährleisten. Acht mit Preßluft von 12 atü betätigte Bremsen setzen den Läufer in etwa 4 min still. Mit Öldruck von 125 at dienen sie zum Anheben des Polrades. Die für den Generator benötigte Kühlluft wird im Kreislauf geführt und durch Wasserkühler am Gehäuseumfang rückgekühlt. Im Winter ermöglichen Luftklappen im Luftmantel, einen Teil der warmen Luft zum Heizen des Maschinenhauses zu benutzen.

6. Prüfung des Generators

In einer 9 m tiefen Prüfgrube wurde der Stromerzeuger zusammengebaut und einer eingehenden elektrischen und mechanischen Prüfung unterzogen. Er erfüllte hierbei in jeder Weise die gestellten Bedingungen. Der Gesamtwirkungsgrad liegt mit 97,23 % bei $\cos \varphi = 0{,}85$ und Vollast erheblich über dem gewährleisteten. Besonders niedrig waren die Lager- und Lüfterverluste. Die verstellbaren Lüfterschaufeln liefen mit verschiedenen Winkelstellungen, und die günstigste wurde festgestellt; diese stimmte gut mit der Rechnung überein. Ebenfalls in der Grube wurde die Schleuderprobe durchgeführt. Um die Luftreibung und damit die Antriebsleistung dabei



möglichst zu verringern, wurden die Lüfterschaufeln bis auf zwei abgeschraubt, außerdem wurde das Polrad mit einer 400 t-Presse zum Verkleinern der Anfahrreibung angehoben. Zum Antrieb diente, wie schon erwähnt, die Erregermaschine.

Zusammenfassung

Gründe des Versandes und der Fertigung führten zu einem neuen Aufbau, insbesondere beim Polrad und Spurlager, der so günstig ausfiel, daß er in Zukunft für größere Maschinen als Regelbauart angewendet wird.

Der Photozellenkompensator in der Meßtechnik

Von H. Bleckwenn VDE, Berlin

DK 621.383 : 621.317.39

Übersicht. Kompensatoren mit selbsttätiger Abgleichung werden in neuerer Zeit in der elektrischen Meßtechnik vielseitig angewendet. Neben den bolometrischen Kompensationsschaltungen [1]*) hat sich vor allem der Photozellenkompensator in der Praxis bewährt. Derartige Kompensatoren wurden zu betriebsmäßigen Geräten durchgebildet und werden zur Lösung verschiedenartiger Meßaufgaben verwendet. Der Aufbau eines Photozellenkompensators wird beschrieben und einige Anwendungsbeispiele werden gezeigt.

Aufgabenstellung

Die selbsttätige Kompensation von Gleichspannungen mit Hilfe eines Photozellenkompensators stellt je nach Art der vorliegenden Aufgabe unterschiedliche Anforderungen an die Empfindlichkeit und technische Ausführung der Apparatur. Die neuzeitliche Verstärkertechnik erlaubt, noch sehr kleine Spannungen oder Ströme von der Größe einiger µV oder µA mit einem Tintenschreiber zu registrieren [2]. Solche Einrichtungen dienen hauptsächlich zu laboratoriumsmäßigen Untersuchungen bestimmter physikalischer Vorgänge.

Für die betriebliche Überwachung verschiedenartiger Meßgrößen kommt es jedoch vor allem darauf an, ein möglichst anspruchsloses und einfaches Gerät zur Verfügung zu haben, das sich in seinem äußeren Aufbau den bewährten elektrischen Instrumenten für die Betriebsüberwachung angleicht. Besonders hohe Ansprüche an die Empfindlichkeit treten dabei gewöhnlich nicht auf; ein Meßbereich von einigen Millivolt ist in vielen Fällen ausreichend. Aufbau und Anwendungsmöglichkeiten eines solchen Betriebsmeßgerätes sollen im folgenden betrachtet werden.

Schaltung und Aufbau eines Photozellenkompensators für Betriebsmessungen

Die Schaltung eines Photozellenkompensators für Betriebsmessungen [3, 4, 5] zeigt Bild 1. Die zu messende Spannung E_x wird gegen den Spannungsabfall des Stromes I am Widerstand R_n kompensiert. Solange die beiden Spannungen noch nicht einander gleich sind, fließt im Galvanometer G ein Ausgleichsstrom. Über den Spiegel des richtkraftlosen Galvanometers fällt eine bestimmte Lichtmenge auf die Photozelle, deren Größe von der Auslenkung des Spiegels abhängt. Geht man davon aus, daß vor dem Anlegen der Spannung E_x die Photozelle voll belichtet war, so wird durch die Auslenkung des Galvanometers die auf die Photozelle geworfene Lichtmenge kontinuierlich kleiner. Dadurch sinkt der durch die Zelle fließende Strom, die negative Gittervorspannung wird kleiner und der Anodenstrom I wächst. Sobald $I = E_x/R_n$ geworden ist, kommt das Galvanometer zur Ruhe. Der am Instrument abgelesene Strom I ist jetzt ein Maß für die zu messende Spannung E_x. Da die Trägheit des Galvanometers klein ist, vollzieht sich der ganze Abgleichvorgang innerhalb des Bruchteiles einer Sekunde.

*) Die Zahlen in eckigen Klammern [ ] beziehen sich auf das Schrifttumsverzeichnis am Schluß der Arbeit.

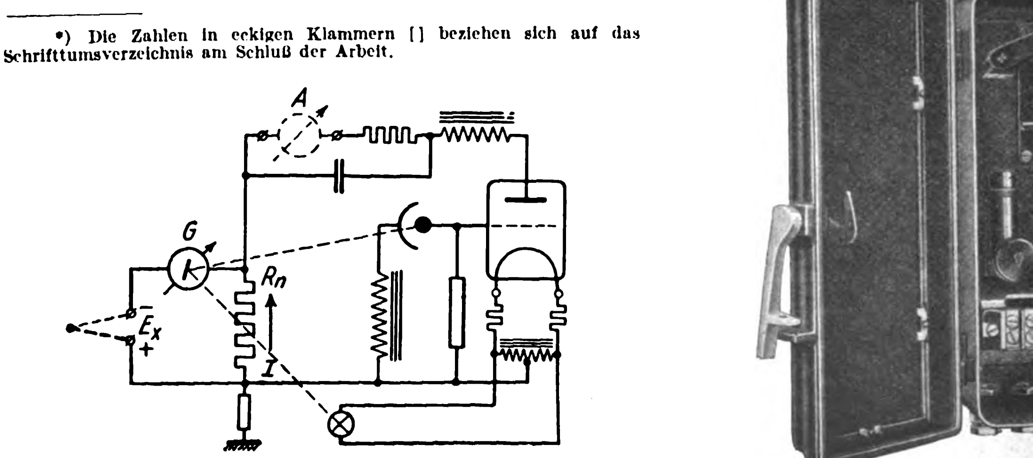


Bild 1. Schaltung des Photozellenkompensators (die Primärwicklung des Transformators ist weggelassen).

Sowohl die Verstärkerröhre als auch die Photozelle besitzen Gleichrichterwirkung. Für die Kompensation ist lediglich die Gleichstromkomponente des Anodenstromes wirksam. Änderungen der Werte von Verstärkerröhre, Photozelle und Beleuchtungslampe und ebenso Netzspannungsschwankungen beeinflussen das Meßergebnis nicht. Das Gerät arbeitet daher längere Zeit ohne jede Wartung. Den konstruktiven Aufbau des beschriebenen Photozellenkompensators zeigt Bild 2. Sämtliche Einzelteile sind in einem verschließbaren Blechgehäuse untergebracht, wie es in ähnlicher Form auch für Registriergeräte verwendet wird.

1. Temperaturregistrierung

Für die genaue Messung von Thermospannungen kommt es darauf an, das Thermoelement möglichst schwach zu belasten, damit Widerstandsänderungen des Elementes, der Zuleitungen und des Meßwerkes keine merklichen Fehler verursachen. Diese Fehlerquelle schaltet die stromlose Messung durch Kompensation aus. Zur genauen Messung, Registrierung und Regelung von Temperaturen werden daher Kompensationsmethoden vielfach bevorzugt. Selbsttätige Kompensatoren sind vor allem dann am Platze, wenn es sich darum handelt, schnelle Temperaturänderungen möglichst genau zu erfassen oder kleine Spannungen fortlaufend zu registrieren. Der Photozellenkompensator erlaubt z. B., mit der schwachen EMK eines Thermoelementes einen Linienschreiber leistungslos zu steuern. Der Vorschub des Schreibers läßt sich der Ge-

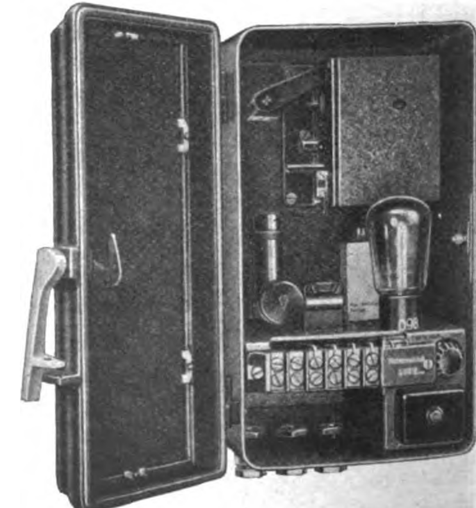


Bild 2. Ausführung des Photozellenkompensators.

schwindigkeit des Meßvorganges anpassen. Die Genauigkeit bei der Registrierung derartiger schneller Temperaturänderungen wird praktisch in der Hauptsache durch die Ansprechzeit des Thermoelementes begrenzt.

Bisweilen interessiert innerhalb eines Temperaturverlaufes nur ein ganz bestimmtes, eng begrenztes Gebiet; z. B. ist es bei Metalluntersuchungen wichtig, die zeitliche Änderung der Temperatur in der Nähe der Umwandlungspunkte möglichst genau zu erfassen. Die Aufnahme sogenannter Haltepunktkurven spielt in der Metallkunde eine große Rolle. Für die Meßtechnik ergibt sich daher die Aufgabe, Instrumente mit einwandfreier Nullpunktunterdrückung zu schaffen, um für den interessierenden Bereich den ganzen Skalenumfang zur Verfügung zu haben. Die hohe Empfindlichkeit des Photozellenkompensators erlaubt dies ohne weiteres. Durch Reihenschaltung einer genau definierten Gleichspannung mit dem Thermoelement kann der Nullpunkt der Meßanordnung so weit unterdrückt werden, daß für den ganzen Skalenbereich ein Temperaturintervall von nur 50 bis 100 °C übrigbleibt. Die Konstanz der Hilfsspannung kann dabei durch gelegentliche Kontrolle mit einem Normalelement überwacht werden. Die absolute Meßgenauigkeit wird durch die Nullpunktunterdrückung erheblich gesteigert, da die Hilfsspannung leicht genau eingehalten werden kann.

Um ein bestimmtes Temperaturintervall beliebig aus dem Gesamtmeßbereich herausgreifen zu können, ist es zweckmäßig, die Gegenspannung mit Hilfe eines Stufenschalters regelbar auszuführen. Man hat es dann in der Hand, wahlweise den gesamten Temperaturverlauf ohne Nullpunktunterdrückung oder die einzelnen Phasen nacheinander im vergrößerten Maßstab darzustellen. Derartige Diagramme sind für metallkundliche Untersuchungen von besonderem Interesse. Bild 3 zeigt im Prinzip, wie ein Gerät für die Unterdrückung des Nullpunktes geschaltet wird.

Mit Hilfe des Widerstandes R_h wird der Hilfsstrom I_h (Batterie *HB*) durch Kompensation seines Spannungsabfalles am Widerstand R_k gegen die Spannung eines Normalelementes auf einen bestimmten Wert eingeregelt, der der Eichung des Kompensators zugrunde gelegt wurde. Der Umschalter U_2 legt in Stellung Messen das Thermoelement in Reihe zu der mit dem Meßbereichwähler U_1 eingestellten Gegenspannung. In Stellung *G* ist die Gegenspannung gleich Null, also ist der Grundmeßbereich des Photozellenkompensators eingeschaltet. In den Stellungen *1* bis *8* hat die Gegenspannung eine bestimmte vorgesehene Größe, der Meßbereich wird also in definierter Weise unterdrückt. Anzahl und Größe der Stufen der Bereichsumschaltung lassen sich den jeweiligen Betriebsverhältnissen anpassen. Mit Hilfe des Umschalters U_2 können Nullpunkt und Endausschlag des Schreibgerätes kontrolliert werden.

Schaltet man in den Anodenkreis des Photozellenkompensators an Stelle des Linienschreibers einen Punktschreiber oder ein Präzisions-Anzeigeinstrument, so läßt

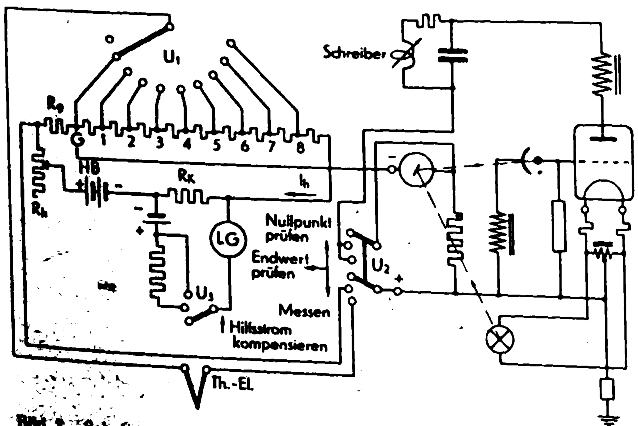


Bild 3. Schaltung des Photozellenkompensators mit stufenweiser Nullpunktunterdrückung.

sich die Genauigkeit, mit der einzelne Meßpunkte erfaßt werden, noch weiter steigern, da der Gesamtfehler der Meßanordnung in der Hauptsache durch die Toleranz des Anzeige- bzw. Schreibinstrumentes bestimmt wird. Unter Beachtung aller Fehlerquellen ist es z. B. gelungen, die Umwandlungspunkte von Leichtmetallen mit einem relativen Fehler von nur etwa ± 0,3 °C zu bestimmen [6].

2. Registrierung von Hochfrequenzströmen

Auch für die Praxis der Hochfrequenzmeßtechnik kann der Photozellenkompensator ein brauchbares Hilfsgerät sein. In Verbindung mit einem Thermoumformer und einem Linienschreiber kann er dazu dienen, hochfrequente Spannungen oder Ströme zu registrieren. Die abgegebene Spannung eines Thermoumformers liegt etwa zwischen 5 und 15 mV, die abgebbare Leistung beträgt höchstens einige mW; sie reicht aus, um einen Fallbügel-Punktschreiber zu betreiben. Ein Linienschreiber mit Tintenaufzeichnung benötigt jedoch eine Leistung von etwa 30 mW. Erst die Zwischenschaltung eines Photozellenkompensators ermöglicht es, schnell veränderliche Hochfrequenzströme in einem fortlaufenden Linienzug aufzuzeichnen. Selbstverständlich wird die Ansprechzeit der Anordnung außer durch die Einschwingzeit des Schreibers vor allem durch die Trägheit des Thermoumformers begrenzt.

Eine derartige Meßeinrichtung kann z. B. für die Überwachung von Senderfeldstärken von Interesse sein; allerdings ist sie wegen der geringen Empfindlichkeit nur in verhältnismäßig kleiner Entfernung vom Sender brauchbar, wenn man ohne HF-Verstärkung arbeiten will. Bei der Registrierung von Feldstärken über große Entfernungen ist es außerdem oft erwünscht, eine logarithmische Skala zu erhalten. In solchen Fällen kann die Registrierung der Regelspannung einer Exponentialröhre zum Ziele führen.

3. p_H-Messung

Für die Messung, Registrierung und Regelung des p_H-Wertes wird neuerdings das Kompensationsverfahren vielfach angewandt, da die gebräuchlichen Elektrodenketten nur geringe Ströme abgeben können [7]. Zumal bei der Verwendung von Glaselektroden führen Ausschlagmeßverfahren kaum zum Ziel, da der innere Widerstand derartiger Elektroden groß ist und hochempfindliche Meßwerke bedingt, die für den praktischen Betrieb ungeeignet sind. Für die Registrierung des p_H-Wertes mit Glaselektroden benötigt man daher Gleichstromverstärker mit stabilisierter Betriebsspannung [8] oder selbsttätige Kompensatoren. Der Photozellenkompensator hat sich auch für diesen Zweck gut bewährt. Schwankungen des inneren Widerstandes der Elektrodenkette beeinflussen hierbei die Messung nicht. Die Temperaturabhängigkeit der Elektrodenspannung kann mit Hilfe eines in die Meßlösung eingetauchten Widerstandsthermometers durch eine einfache Schaltung berichtigt werden.

Fernmessung mit Photozellenkompensatoren

Kompensationsmeßverfahren sind allgemein für die Fernübertragung elektrischer Größen von besonderem Vorteil, da auf die Größe und Konstanz des Leitungswiderstandes zwischen Meßstelle und Anzeigegerät in weiten Grenzen keine Rücksicht genommen zu werden braucht. Grundsätzlich kann jeder Meßwert fernübertragen werden, der durch eine kleine Gleichspannung dargestellt wird oder sich in eine solche umformen läßt.

Die Registrierung hoher Gleichströme mit Linienschreibern und Nebenwiderständen läßt die Überbrückung größerer Entfernungen nicht ohne weiteres zu, da der Spannungsabfall am Nebenwiderstand höchstens einige hundert mV betragen darf, um die aufgenommene Leistung in erträglichen Grenzen zu halten. Der Stromverbrauch des Schreibers beträgt aber bei so kleinen Spannungen einige Zehntel A, der Widerstand des Meßwerkes liegt in der Größenordnung von 1 Ω. Um das Meßergebnis

nicht zu fälschen, darf der Leitungswiderstand praktisch höchstens etwa 0,1 Ω betragen. Mißt man dagegen die Spannung am Nebenwiderstand mit Hilfe eines Photozellenkompensators, so geschieht die Messung stromlos und der Einfluß des Leitungswiderstandes fällt fort.. Auf diese Weise ist es möglich, eine Fernregistrierung von Gleichströmen über mehrere Kilometer vorzunehmen, ohne unwirtschaftlich große Leitungsquerschnitte zu benötigen.

Die Umformung andersartiger elektrischer Größen in eine proportionale Gleichspannung zum Zweck der Fernübertragung kann z. B. mit Hilfe eines Motorzählers geschehen, der mit einer kleinen Gleichstromdynamomaschine gekuppelt ist. Mit einem derartigen, unter dem Namen Telewatt-System bekannten Verfahren [9] kann die Fernmessung von Strömen, Spannungen, Leistungen oder Durchflußmengen bei unmittelbarem Anschluß eines Meßgerätes am fernen Ende der Leitung je nach Güte des verwendeten Kabels über 5 bis 50 km erfolgen. Die Zwischenschaltung eines Photozellenkompensators verringert die Ansprüche an den Zustand des Kabels erheblich, während gleichzeitig wesentlich größere Entfernungen überbrückt werden können und außerdem die Fernregistrierung mit Linienschreibern ermöglicht wird. Ein besonderer Vorzug des Meßverfahrens ist die einfache Summierbarkeit verschiedener Meßgrößen durch die elektrische Addition der Geberspannungen.

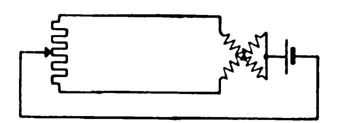


Bild 4. Normale Fernsenderschaltung mit Kreuzspulmeßwerk.

Die Fernübertragung mechanischer Meßgrößen, die in die Winkeldrehung einer Achse umgeformt werden können, z. B. Druck, Menge, Stellung von Drosselklappen, Schwimmern und dgl., wird bekanntlich auf einfache Weise mit Hilfe von Widerstandsferngebern in Verbindung mit Kreuzspulinstrumenten vorgenommen. Derartige Fernsender beanspruchen auch bei leichter und präziser Ausführung ein Drehmoment von einigen cmg. Mechanische Meßgeräte vertragen eine solche Belastung in den meisten Fällen ohne weiteres, während die Einstellkraft elektrischer Meßwerke im allgemeinen für die Betätigung eines Fernsenders nicht ausreicht. Eine Summen- oder Differenzbildung von Meßwerten läßt sich durch eine geeignete Zusammenschaltung der Widerstandsfernsender auf einfache Weise ausführen [10, 11].

Die mit Fernsendern unmittelbar überbrückbaren Entfernungen werden durch die Empfindlichkeit der verwendeten Quotientenmeßwerke begrenzt. Mit Anzeigeinstrumenten oder Punktschreibern dürfte es möglich sein, etwa 20 bis 50 km zu erreichen. Dabei ist zu berücksichtigen, daß Schwankungen des Leitungswiderstandes durch Temperatureinflüsse in die Messung eingehen und die Genauigkeit beschränken. Die Anwendung von Photozellenkompensatoren kann auch hier zu einer erheblichen Steigerung der überbrückbaren Entfernung und Erhöhung der Meßgenauigkeit führen.

Von besonderem Vorteil ist bekanntlich bei der normalen Fernsenderschaltung mit Kreuzspulmeßwerk nach Bild 4 die Unabhängigkeit des Meßwertes von Schwankungen der Betriebsspannung und des Übergangswiderstandes am Schleifer. Bei einer Quotientenschaltung von zwei Photozellenkompensatoren nach Bild 5 wird dieser grundsätzliche Vorteil beibehalten. Die stromlose Messung durch Kompensation erlaubt nun außerdem, den Einfluß des Leitungswiderstandes weitgehend zu vernachlässigen.

In der Schaltung nach Bild 5 liegt am Fernsender R_f über Begrenzungswiderstände r_1, r_2 eine Spannungsquelle E. Die an dem festen Widerstand $r_1 + R_f + r_2$ abgegriffene Spannung u_1 wird über die Fernleitung dem Photo-

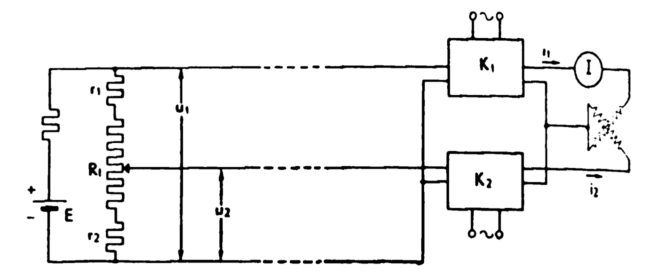


Bild 5. Fernübertragung mit zwei Photozellenkompensatoren in Quotientenschaltung.

zellenkompensator K_1 zugeführt. Die mit dem Schleifer abgegriffene Spannung u_2 ist abhängig von der Stellung des Fernsenders und wird über die Leitung dem Kompensator K_2 zugeführt. Die Kompensatoren formen die Spannungen u_1 und u_2 in proportionale Ströme i_1 und i_2 um, die auf ein Quotientenmeßwerk einwirken. Für die Eichung dieses Instrumentes gilt die Beziehung $u_1/u_2 = i_1/i_2$.

Als Spannungsquelle am Geberort kann eine kleine Trockenbatterie dienen, der nur ein geringer Strom entnommen wird. Diese Anordnung ist vorteilhaft, wenn an der Meßstelle keine Netzspannung zur Verfügung steht. Schwankungen der Batteriespannung beeinflussen die Messung nicht, da sie sich auf u_1 und u_2 in gleicher Weise auswirken. Um jedoch am Empfangsort erkennen zu können, ob die Batterie noch in betriebsfähigem Zustand ist, wird in den Anodenkreis des Kompensators K_1 ein Kontrollinstrument I geschaltet, auf dessen Skala ein unzulässiges Absinken der Batteriespannung sofort zu erkennen ist.

Mit der beschriebenen Anordnung ist es möglich, Entfernungen von mehreren hundert km zu überbrücken, ohne besonders empfindliche Meßgeräte zu benötigen. Die Photozellenkompensatoren erlauben den Anschluß normaler Linienschreiber mit kräftigem, schnellschwingendem System. Selbstverständlich können aber auch Punktschreiber oder einfache Anzeigeinstrumente verwendet werden.

Zusammenfassung

Der als Betriebsmeßgerät ausgebildete Photozellenkompensator kann in der Meßtechnik überall da angewendet werden, wo es auf die leistungslose Verstärkung kleiner Gleichspannungen ankommt. Besonders für die Aufzeichnung thermischer Vorgänge bietet er oft Vorteile. Weitere Anwendungsgebiete sind die Registrierung von Hochfrequenzströmen und die p_H-Messung. Bei der Fernmessung elektrischer oder mechanischer Größen nach dem Kompensationsverfahren erlaubt der Photozellenkompensator eine wesentliche Steigerung der überbrückbaren Entfernung. Mit einer Quotientenschaltung zweier Kompensatoren kann bei der Übertragung von Meßgrößen mit Widerstandsfernsendern der störende Einfluß des Leitungswiderstandes weitgehend beseitigt werden.

Aus dem Schrifttum

[1] Merz, Bolometer-Verstärker. Arch. techn. Messen Z 64—2 (Februar 1937).
[2] Tintenschreiber mit hochempfindlichem Gleichstrom-Verstärker. Arch. techn. Messen I 031—12 (Oktober 1939).
[3] Hunsinger, Der Photozellenkompensator. Helios, Lpz. 45 (1939) Nr. 7.
[4] H & B-Photozellenkompensator. Arch. techn. Messen I 932—3 (Oktober 1938).
[5] A. Kuntze, Neuartige lichtelektrisch gesteuerte Regelgeräte. ETZ 61 (1940) S. 195.
[6] Weiße, Die Aluminium-Ecke des Dreistoffsystems Aluminium-Nickel-Silizium. (Dissertat.) Aluminium-Arch. 26 (1939).
[7] Wengel, Neuere elektrometrische Meßverfahren, insbesondere für den kontinuierlichen Betrieb. Arch. techn. Mess. V 332—10 (Februar 1940).
[8] F. Lieneweg und A. Naumann, Elektrometrische p_H-Messungen in der Technik. ETZ 61 (1940) S. 665 u 690.
[9] Keinath, Fernmessung mit Meß-Dynamo, Arch. techn. Messen V 3833—1 (1932—T 6).
[10] Geyger, Summen- und Differenzmessung mit Widerstandsfernsendern und Quotientenmessern. Arch. techn. Messen I 0821—2 (1932—T 40).
[11] Blamberg, Arch. Elektrotechn. 24 (1930) S. 21.

RUNDSCHAU

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung

DK 621.317.312.017.1 : 621.396.823 : 621.3.052.7

HF-Verlustmessungen und Herabsetzung der Hochfrequenz-Störbeeinflussung an der Hochfrequenzanlage der 287 kV Boulderdam—Los Angeles-Leitung. [Nach J. D. Laughlin, W. E. Pakala u. M. E. Reagan, Electr. Engng. 59 (1940) Transactions S. 4; 7 S., 12 B.]

An der mit einer Spannung von 287 kV bei starr geerdetem Nullpunkt arbeitenden 435 km langen Leitung, die von dem Boulderdam-Kraftwerk nach Los Angeles führt[1]), sind HF-Messungen vorgenommen worden, um die beobachteten Störungen der Hochfrequenz-Fernsteueranlage auf ein Minimum herabzusetzen. Die Ergebnisse sind in mehrfacher Hinsicht von allgemeinem Interesse.

Die Übertragungsleitungen bestehen aus zwei Drehstromsystemen, die über den größten Teil der Strecke auf getrennten Masten im Abstand von 111 m geführt werden und nur auf einer Länge von 22%, d. h. insgesamt von rd. 85 km die Masten gemeinsam benutzen. Der Querschnitt des Kupferhohlseiles beträgt 260 mm², der Durchmesser, der ja für die Koronaverluste und den durch sie erzeugten HF-Störpegel maßgebend ist, 39,5 mm. In die Leitung sind zwei Schaltstationen eingeschleift, die die Gesamtlänge in drei gleiche Teile von der Länge von je 145 km unterteilen.

Die Leitungsgeräusche, Funkenübergänge und Lichtbogen wie sie bei der Betätigung von Öl-, Trenn- und Erdungsschaltern auftreten, erzeugen Hochfrequenzspannungen, die das normale Arbeiten der Trägerstromanlage[2]) stören können.

Die Leitungsgeräusche erzeugen einen Störpegel, der bei trockenem Wetter am geringsten ist, bei trockenem staub- oder sandhaltigem Wind ansteigt und sein Maximum bei feuchtem und regnerischem Wetter hat. Um ein genügend großes Verhältnis zwischen Nutz- und Störspannung zu haben, genügt eine Nutzleistung von 10 mW am Empfänger. Dabei kann durch passende Einstellung der Empfangsempfindlichkeit ein befriedigendes Arbeiten der Trägerstromanlage erreicht werden.

Bei Betätigung von Trennschaltern treten über eine Entfernung von 270 km noch Störungen auf, die etwa zehnmal größer als die HF-Störungen bei Regen am Ort des Empfängers sind. Die hochfrequente Störspannung nimmt beim Ziehen der Trennmesser allmählich zu und erreicht ihr Maximum unmittelbar vor dem Abreißen des Bogens. Diese Störung ist besonders schwer, weil sie im Gegensatz zur Beeinflussung bei der Betätigung der Ölschalter längere Zeit dauert.

Die in den Zug der Leitung eingebauten Resonanzsperren (HF-Sperren) unterbinden das Auftreten dieser Störbeeinflussung nicht.

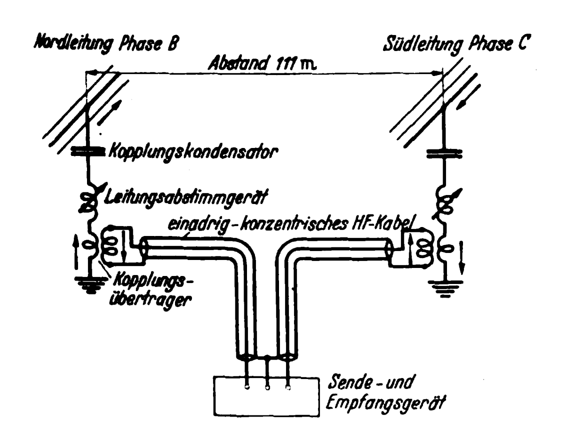
Bei der Betrachtung der durch die Schalterbetätigung verursachten Beeinflussung des Arbeitens der Fernsteuer- und -meldeanlage gehen die Verfasser davon aus, daß die Schalterbetätigung selbst meist zeitlich nicht mit der Übertragung des Kommandos und der Rückmeldung zusammenfällt, daß letztere in der Regel also nicht gestört werden. Um die längere Zeit andauernde Störspannung beim Öffnen eines Trennschalters ungefährlich zu machen, wird durch einen Kontrollempfänger, der auf eine in der Nachbarschaft der Trägerfrequenz liegende Frequenz abgestimmt ist, eine Gitterspannungsverlagerung beim Hauptempfänger vorgenommen, die erst dann den Hauptempfänger wieder öffnet, wenn die Störspannung vorüber ist.

Die Untersuchung der günstigsten Kopplungsart hat zu den im wesentlichen gleichen Ergebnissen wie in neueren deutschen Anlagen geführt. Auch die Boulderdam-Anlage verwendet eine geerdete Zwischenphasenkopplung, bei der ungleichnamige Leiter verschiedener Drehstromsysteme angekoppelt werden, die Übertragung möglichst symmetrisch erfolgt und jeder Kopplungskondensator sein eigenes Abstimmgerät erhält. Wie auch in den deutschen Anlagen wird die Energieleitung vom Sender/Empfänger so geführt, daß die beiden Ankopplungsstellen nicht in Serie, sondern parallel zueinander liegen, damit bei Fehlern, insbesondere Unterbrechungen der einen Ankopplung, die andere möglichst nicht beeinträchtigt wird. Die Unabhängigkeit der beiden Ankopplungen voneinander wird bei der Boulderdam-Anlage dadurch erzielt, daß Gegentaktsender und Gegentaktempfänger verwandt werden, praktisch also die ganze Übertragung in zwei im Gegentakt arbeitende Einphasenkopplungen (eine Phase gegen Erde) aufgeteilt wird, die nur lose miteinander gekoppelt sind. Durch den Umstand aber, daß die Ströme in der Erde sich gegeneinander aufheben, werden sehr günstige Übertragungsbedingungen erzielt. Die Energieleitung vom Sendeempfangsgerät zu den Leitungsabstimmgeräten ist als einadriges koaxiales HF-Kabel ausgeführt. Die Anpassung an den Wellenwiderstand der Hochspannungsleitung erfolgt durch Transformatoren in den Abstimmgeräten (Bild 1).

In den beiden Zwischenwerken Victorville und Silver Lake sind Sperren und Überbrückungen eingebaut. Dabei werden von den Ankopplungen Energiekabel zusammengeführt und die Übertragung so eingerichtet, daß die abgehende Leitung gleichphasig mit der ankommenden gespeist wird, so daß der über die nicht gesperrten Nachbarleiter und über die Sperren verlaufende HF-Reststrom im gleichen Sinne verläuft, wie der über die Überbrückung geführte Anteil der HF-Energie (Bild 2).

Die Gesamtdämpfung der Anlage beträgt bei durchgeschalteter Leitung und abgeklemmten Überbrückungen 2,3 Neper bei 60 kHz. Bei Anklemmen der Überbrückungseinrichtungen erhöht sie sich auf 2,76 Neper. Bei Öffnen aller Schalter geht die Dämpfung auf 4,6 Neper hinauf. Der große Unterschied wird erklärt aus den über den gekoppelten Leitern parallel verlaufenden für 60 kHz nicht gesperrten Leiter fließenden HF-Strömen, die über die eingelegten Schalter in die Nachbarabschnitte übertragen werden. Bei Unterbrechung des Kopplungsleiters eines Systems zwischen Victorville und Silver Lake ging die Dämpfung auf 6,13 Neper herauf; dabei waren ebenso alle Schalter geöffnet.

[1]) K. Rißmüller, ETZ 58 (1937) S. 265.
[2]) ETZ 61 (1940) S. 43.



Diese Ausgestaltung gibt eine ausgeglichene Kabelanordnung, die mit besonders geringen HF-Verlusten auch bei ungünstigen Leitungsverhältnissen arbeitet: Eine Art Dreileitersystem mit Kopplung Phase—Erde—Phase

Bild 1. Erstrebenswerte Ausbildung des Leitungskreises.

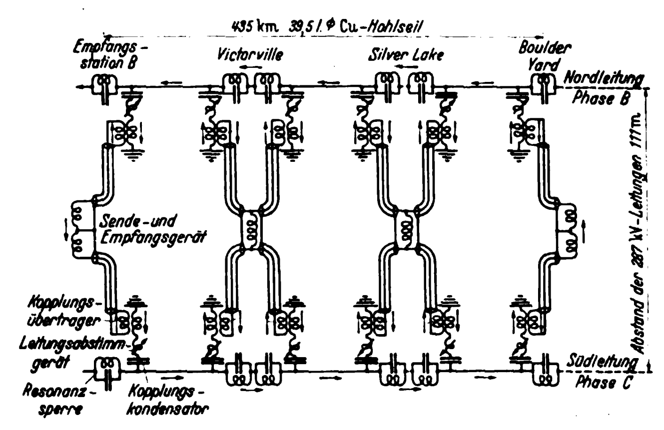


Bild 2. HF-Stromkreis.



Die Gesamtdämpfung der reinen Leitung (2,3 Neper) liegt rund fünfmal höher als nach theoretischen Berechnungen erwartet werden kann. Nach Angabe der Verfasser liegt sie bei ähnlichen Trägerstromanlagen normalerweise etwa 2,5 mal höher als diese gleichen Berechnungen ergeben. Gegenüber anderen ähnlichen Anlagen besteht also noch eine Erhöhung im Verhältnis 1 : 2, was auf die größere Strahlungsschleife durch den Abstand beider Leitungen (111 m) zurückgeführt wird.

Der Sender besitzt zwei im Gegentakt arbeitende Endverstärker von je 200 W, die durch zwei voneinander unabhängige Transformatoren mit den Energieleitungen zu den Ankopplungsstellen verbunden sind. Der Empfänger besitzt zwei im Gegentakt geschaltete Empfangskreise, die jeder für sich auf einen Gleichrichter arbeiten. Erst hinter dem Gleichrichter werden die Signale zusammengeführt. Damit bleiben Abstimmungsstörungen, insbesondere Erdschluß oder Öffnung einer Gegentaktseite, ohne Einfluß auf das Arbeiten der anderen Seite. *dMt.*

Lichttechnik

DK 628.972.7.022 : 621.327.9

Leuchtstofflampen in einer fensterlosen Fabrik. [Nach G. K. Simonds, Electr. Wld., N. Y. 112 (1939) S. 1744; 2 S., 3 B.]

In den V. S. Amerika ist schon vor mehr als 10 Jahren angeregt worden, fensterlose Fabriken zu bauen, da man der Ansicht war, daß Bau und Betrieb einer solchen fensterlosen Fabrik, namentlich in heiztechnischer Beziehung, besonders wirtschaftlich wäre. Neuerdings ist nun in Fitchburg, Mass., eine fensterlose Maschinenfabrik gebaut worden, bei der neben einer modernen Klimaanlage, mit der Staubfreiheit, Temperatur und Feuchtigkeit der Luft geregelt wird, der Frage der künstlichen Beleuchtung besondere Beachtung geschenkt worden ist. Um zu verhindern, daß das Nichtvorhandensein des natürlichen Tageslichtes dem Arbeiter in irgendeiner Weise als Nachteil zum Bewußtsein gelangt, wurde unter Verwendung von Leuchtstofflampen mit tageslichtähnlicher Lichtfarbe eine künstliche Beleuchtung geschaffen, die, wenn auch nicht in der räumlichen Beleuchtungsverteilung, so aber wenigstens nach Stärke und Farbe, eine Tageslichtbeleuchtung vortäuschen kann. Die Leuchtstofflampen haben eine Leistungsaufnahme von 100 W und liefern bei einer Lichtausbeute von 55 Hlm/W 5500 Hlm. Insgesamt sind in der Fabrik über 1500 derartige Lampen installiert worden. Die Aufhängehöhe der in Emaille-Reflektoren brennenden Lampen beträgt rd. 4,5 m. Der Abstand von den Nachbarlampen ist in der einen Richtung etwas über 4 m, in der anderen Richtung etwas über 6 m groß. Auf diese Weise wird eine sehr gleichmäßige Beleuchtung erreicht; die mittlere Beleuchtungsstärke beträgt 250 Hlx, reicht also auch für feine Arbeiten aus. (Anmerk. d. Berichters: Ob bei der beleuchtungstechnisch etwas primitiven Anlage der Arbeiter wirklich das natürliche Tageslicht nicht vermißt, muß bezweifelt werden. Um das zu erreichen, hätte die Beleuchtung nicht nur nach Stärke und Farbe, sondern vor allem in der Gesamtanlage, z. B. durch Schaffung großflächiger Oberlichte, der natürlichen Beleuchtung angepaßt werden müssen.) *A. Dr.*

Fernmeldetechnik

DK 621.396.671

Antennenfragen. [Nach W. Moser, W. Berndt, H. Brückmann, K. Schlayer, K. Fränz u. W. Jachnow, Telefunken-Mitt. 21 (1940) H. 83, S. 5, 8, 20, 35, 49 u. 55.

In dem einführenden Vorwort zu dem Sonderheft über Antennenfragen weist W. Moser auf die besonderen Schwierigkeiten bei der Erforschung dieses wichtigen, ja entscheidenden Teilgebietes der Hochfrequenztechnik hin. Bei der Arbeit „Verbesserungsmöglichkeiten bei schwundmindernden Vertikalantennen" von W. Berndt handelt es sich um eine zusammenfassende Darstellung, die durch die Zahlenangaben über ausgeführte Antennen und Kurvendarstellungen der Stromverteilungen, Strahlungsverteilungen und Strahlungswiderstände bemerkenswert ist. Insbesondere wird der ungünstige Einfluß der fortschreitenden Welle auf der Antenne für die Schwundminderung erörtert. Der Verfasser kommt zu dem Ergebnis, daß danach bei Drahtantennen ein großer Wellenwiderstand, ein geringer Strahlungswiderstand und ein kleiner Abstand zwischen Antennenspitze und Stromknoten anzustreben ist. Auch die Wirkungsweise von kreisförmig um die Antenne angeordneten Hilfsstrahlern, die bei selbstschwingenden Masten in Betracht kommen und bekanntlich die von der fortschreitenden Welle herrührende Strahlung aufzuheben gestatten, wird an Beispielen erläutert. H. Brückmann behandelt im Thema: „Über Antennen, insbesondere selbstschwingende Maste" ein Berechnungsverfahren, das die praktisch wichtigen Einflüsse bei Antennen, deren Dicke im Verhältnis zur Länge beträchtlich ist, zu erfassen gestattet, dabei verhältnismäßig einfach ist und trotz mancher Vernachlässigungen gute Übereinstimmung mit der Wirklichkeit ergibt, wie an Messungen der Stromverteilung, des Scheinwiderstandes und des Horizontalstrahlungsmaßes an zahlreichen Masten gezeigt wird. Das Verfahren benutzt ebenso wie andere bekannte Verfahren die Leitungstheorie; es werden jedoch einige nicht unwesentliche Ergänzungen vorgenommen. Die Abnahme des Wellenwiderstandes am oberen und unteren Ende des Strahlers wird durch konzentrierte Kapazitäten berücksichtigt und die Dämpfung auf Widerstand und Ableitung verteilt. Daneben wird der Einfluß der Ausbildung der Mastspitze und des Mastfußes, der Fachwerk-Bauweise, der Abspannungen u. a. erörtert. Im mathematischen Anhang werden auch die Eigen- und Resonanzwellen untersucht. „Über Richtstrahlung im Rundfunkwellenbereich" berichtet K. Schlayer, im besonderen über die mit zwei Vertikalstrahlern erzielbare Abblendung der Strahlung in einer gegebenen Himmelsrichtung. Sowohl für den Fall, daß beide Strahler gespeist werden, als auch für den Fall, daß nur ein Strahler gespeist, der andere durch bloße Strahlungskopplung erregt wird, werden Zahlenangaben über die erreichbare Abblendung in der einen bzw. Verstärkung in der anderen Himmelsrichtung gemacht. Dabei werden jeweils verschiedene Abstände der Strahler untereinander und verschiedene Entfernungen und Himmelsrichtungen des Empfangsortes betrachtet und die an der Ionosphäre gespiegelte Raumstrahlung berücksichtigt. Für drei ausgezeichnete Strahlerformen, nämlich den kurzen Strahler mit Endkapazität (Hertzscher Dipol), den $\lambda/4$-Strahler und den $\lambda/2$-Strahler werden Kennlinien der Strahlungskopplung in Abhängigkeit vom Strahlerabstand mitgeteilt, deren mathematische Berechnungsgrundlagen in einem Anhang gebracht werden. Aus ihnen geht hervor, daß bei Verwendung eines ungespeisten Reflektors die Strahlerform von Einfluß auf die Strahlungsverteilung ist. Besonders wertvoll sind in der Arbeit eine Tabelle mit Zahlenangaben über vier Beispiele und zahlreiche Strahlungs- und Ausbreitungskennlinien. Aus den Folgerungen für die Praxis ist hervorzuheben, daß eine Richtantenne gegenüber einer anderen infolge des Einflusses der Raumstrahlung trotz weniger vollständiger Abblendung der Horizontalstrahlung doch im Mittel über alle Entfernungen bis zur Reichweitengrenze günstiger sein kann. Ferner kann durch Verzicht auf Höchstabblendung in einer bestimmten Richtung u. U. eine bessere Abblendung innerhalb eines gegebenen Winkelbereiches der Himmelsrichtung erzielt werden. Durch diese beiden Umstände erweist sich unter gewissen Bedingungen die Richtanlage mit ungespeistem Reflektor der Richtanlage mit zwei gespeisten Strahlern hinsichtlich der Abblendung bei größerer Einfachheit im Aufbau und in der Bedienung als gleichwertig. Die Arbeit von K. Fränz behandelt die „Verbesserung des Übertragungswirkungsgrades durch Richtantennen". Unter dem „Gewinn" einer gerichteten Sendeantenne wird das Verhältnis der Strahlungsleistung, die zur Erzeugung einer bestimmten Feldstärke am Empfangsort mittels eines einfachen Dipols erforderlich ist, zur Strahlungsleistung, die zur Erzeugung der gleichen Feldstärke mittels der Richtantenne aufgewendet werden muß, verstanden. Um zu zeigen, daß der entsprechende Gewinn bei Verwendung der Richtantenne als Empfangsantenne ebenso groß ist, wird einmal der Umkehrungssatz der Funktechnik, zum anderen der Kirchhoffsche Satz aus der Thermodynamik herangezogen. Dann wird gezeigt, daß zwischen der „Absorptionsfläche" einer Empfangsantenne und der geometrischen Antennenfläche ein anschaulicher Zusammenhang nicht besteht, womit erwiesen ist, daß dieser Begriff unfruchtbar ist. Für technisch wichtige Antennen, die in Wellenlängen gemessen groß sind, werden einige Gesetzmäßigkeiten für den Gewinn an Hand von Grenzbetrachtungen und Faustregeln unter Verzicht auf eine mathematische Ableitung aufgestellt und teilweise anschaulich gedeutet. Der Aufsatz von W. Jachnow beschäftigt sich mit der „Theorie der Langdrahtsendeantennen, insbesondere bei fortschreitenden Wellen", und zwar in einer vollständigen und die technischen Gesichtspunkte berücksichtigenden Weise. Zunächst werden die Stromverteilung, die Strahlungsverteilung und der Strahlungswiderstand der einfachen, aus einem geraden Draht bestehenden Antennenform aufgestellt, in Kennlinien dargestellt und mit Meßwerten verglichen. Sodann wird die technisch heute besonders wichtige Rhombusantenne in der gleichen Weise untersucht, wobei an Raummodellen des Strahlungsfeldes Vergleiche mit der Tannenbaum-Antenne angestellt



werden. Aus den Ergebnissen sei herausgegriffen, daß die einfache Langdrahtantenne der Rhombusantenne hinsichtlich Speisungs- und Abschlußmöglichkeit sowie Schärfe der Bündelung unterlegen ist. Die Tannenbaumantenne ist zwar hinsichtlich der Gestaltungsmöglichkeiten der Strahlungsverteilung gegenüber der Rhombusantenne im Vorteil; hinsichtlich des ausnutzbaren Wellenbereiches ist sie jedoch nicht so günstig.

H. Bkm.

Verkehrstechnik

DK 621.335.42

Neue Gleichstrom-Triebzüge der Hamburger S-Bahn. [Nach A. Peters u. A. Kniffler, Elektr. Bahnen 16 (1940) S. 95; 11 S., 27 B.]

Die Deutsche Reichsbahn setzte kürzlich auf der Strecke Blankenese—Poppenbüttel der Hamburger Stadt- und Vorortbahnen neue Gleichstrom-Triebzüge ein[1]). Diese Strecke wurde im Jahre 1908 mit Einphasenwechselstrom von 6300 V und 25 Hz elektrisiert und hat bis heute ihren Betrieb zur vollen Zufriedenheit erfüllt. Nach nunmehr über 30jähriger Betriebsdauer wurde jedoch eine Erneuerung der Triebfahrzeuge erforderlich. Gleichzeitig damit war eine grundlegende Überholung der Stromversorgungsanlagen unter Erhöhung ihrer Leistungsfähigkeit geplant.

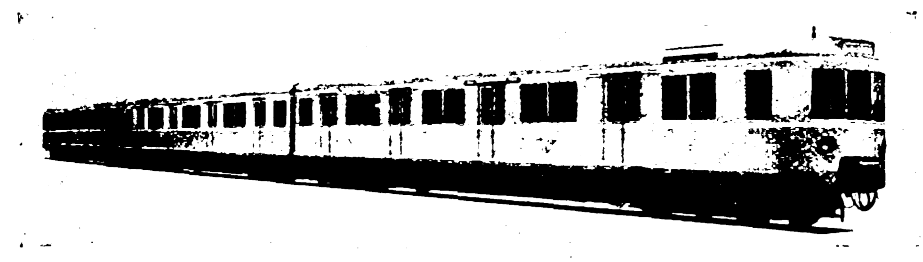


Bild 3. Triebzug der Hamburger S-Bahn.

Die inzwischen bekannt gewordenen Vorhaben über die Neugestaltung der Hansestadt Hamburg gaben jedoch Veranlassung, die Stromversorgung mit Einphasenwechselstrom aufzugeben und den Zugbetrieb auf Gleichstrom umzustellen. Nach diesen Plänen wird in Zukunft die Hamburger S-Bahn teilweise durch Tunnel und über die Untergeschosse der Hochbrücken geführt. Das hierbei erwünschte niedrige Lichtraumprofil bedingte den Verzicht auf Stromzuführung durch eine Fahrleitung und sah ihren Ersatz durch eine dritte Schiene vor. Daraus ergab sich wiederum die Verwendung von Gleichstrom an Stelle von Einphasenwechselstrom. Als Nennspannung an der Stromschiene wurden 1200 V gewählt.

Die neuen Triebzüge sind dreiteilige kurzgekuppelte Einheiten aus zwei äußeren Triebwagen und einem mittleren Beiwagen (Bild 3). Eine solche Einheit bildet den „Halbzug", zwei gekuppelte Halbzüge bilden die normale Betriebseinheit, den „Vollzug". Die beiden äußeren Triebwagen haben Abteile 3. Klasse mit je insgesamt 67 Sitzplätzen, der Beiwagen hat Abteile 2. Klasse mit insgesamt 68 Sitzplätzen. Einschließlich der Stehplätze hat jeder Triebzug 600 Plätze, ein Vollzug faßt somit 1200 Fahrgäste.

Die Strecke Blankenese—Poppenbüttel der Hamburger S-Bahn ist 32,5 km lang und hat insgesamt 23 Haltepunkte; die mittlere Haltestellenentfernung ist 1480 m. Die kürzeren Abstände auf der Stadtstrecke liegen zwischen 700 und 800 m, die längeren auf den Außenstrecken bis zu 2400 m. Die Fahrzeit der neuen Gleichstromzüge sollte soweit verkürzt werden, daß der Arbeitsverbrauch noch in angemessenen Grenzen liegt. Hierfür wurden 50 Wh/tkm, bezogen auf die Motorwelle, zugelassen. Mit dieser Verbrauchszahl ergab sich eine gesamte reine Fahrzeit von 40 min, das entspricht einer Reisezeit von 49,25 min. Die mittlere Reisegeschwindigkeit der neuen Gleichstromzüge ist damit 40 km/h. Die Höchstgeschwindigkeit wurde auf 80 km/h festgelegt.

Die Bestimmung der Motorengröße und der übrigen elektrischen Ausrüstung wurde weitgehend durch die elektrische Bremse beeinflußt. Rechnerische Untersuchungen zeigten, daß bei den in Hamburg vorliegenden Fahrzeiten und Haltepunktsabständen eine elektrische Nutzbremse am wirtschaftlichsten ist. Neben der Ersparnis an Bremsklötzen und den Annehmlichkeiten eines bremsstaubfreien Betriebes ist der Wert der rückgewonnenen Energie von Bedeutung. Die Fahrmotoren erhielten eine Stundenleistung von 145 kW und eine Dauerleistung von 110 kW bei den Drehzahlen 700 U/min und 780 U/min. Die Höhe dieser Drehzahlen ist durch die Forderungen des Bremsbetriebes beeinflußt. Um die Nutzbremse bis zu möglichst niedrigen Geschwindigkeiten herab anwenden zu können, haben die Motoren sehr starke Felder erhalten. Es wurden zwei Feldschwächungsstufen eingebaut; die Hauptstufe hat einen Erregergrad von 42 %. Der Stundenstrom des Motors ist 270 A, der Dauerstrom 200 A. Die Motoren haben eine Höchstdrehzahl von 2080 U/min bei 80 km/h und halb abgenutzten Radreifen.

Die Stundenleistung des ganzen Triebzuges ist 1160 kW bei 27 km/h, die Dauerleistung 880 kW bei 30 km/h. Der Stundenpunkt liegt also bei nur 33 % der Höchstgeschwindigkeit. Eine derartig gelagerte Kennlinie hat für den Fahrbetrieb den großen Vorteil, daß die Anfahrwiderstände in kurzer Zeit überschaltet werden können, da die Kennlinie bei verhältnismäßig niedriger Geschwindigkeit erreicht wird. Dementsprechend sind auch die Verluste in den Anfahrwiderständen klein. Die höchste vom Triebzug bei der Anfahrt aufgenommene Leistung ist rd. 1520 kW. Die Anfahrzugkraft beträgt 17000 kg bis zu einer Geschwindigkeit von 27 km/h, um dann entsprechend dem Verlauf der Kennlinie abzufallen. Mit dieser Zugkraft erreicht der besetzte Halbzug seine Höchstgeschwindigkeit von 80 km/h nach 68 s. Die Anfangsbeschleunigung ist 0,9 m/s², die Beschleunigung über dem Räumungsweg von 160 m noch 0,72 m/s².

Die elektrische Bremse hat innerhalb ihres Wirkungsbereiches eine mittlere Verzögerung von 0,7 m/s². Anker- und Feldstrom werden in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit so geregelt, daß das mittlere Bremsmoment einigermaßen konstant bleibt. Die Fahrmotoren arbeiten während der Bremsung als fremderregte Generatoren, deren Erregerstrom in einem besonderen Erregerumformer erzeugt wird. Der gewünschte Verlauf der Bremskraft wird durch Einbau geeigneter Verbundwiderstände im Bremsstrom- und Erregerkreis und durch Einbau einer Verbundwicklung in die Erregermaschine erreicht, ohne daß bewegte Schaltapparate erforderlich sind. Die Nutzbremswirkung hört bei einer Geschwindigkeit von etwa 30 km/h auf. Um auch im unteren Geschwindigkeitsbereich elektrisch bremsen zu können, wurde die elektrische Bremse als vereinigte Nutz- und Widerstandsbremse entwickelt, die im unteren Geschwindigkeitsbereich selbsttätig auf Widerstandsbremse umschaltet. Diese Umschaltung tritt auch dann ein, wenn das Netz nicht in der Lage ist, die Bremsenergie aufzunehmen.

Jeder Triebwagen eines Triebzuges hat eine eigene und vollständige Starkstromausrüstung, so daß bei Störungen in einem Wagen der andere immer noch betriebsfähig ist. Die beiden Fahrmotoren jedes Drehgestells liegen dauernd in Reihe, die beiden Motorengruppen in Reihen- und Parallelschaltung zueinander. Die Auftrennung der Fahrstromkreise und die Herstellung der Bremsbereitschaft übernimmt ein Fahrbremsumschalter. In seiner Nullstellung sind die Bremskreise geschlossen, so daß jederzeit gebremst werden kann. Im angezogenen Zustand schließt er die Fahrstromkreise. Er dient gleichzeitig als Hauptschalter, der die Motorkreise bei Überlastung oder Kurzschluß abschaltet.

Die Fahrmotoren sind vierpolige Reihenschlußmotoren mit Durchzuglüftung. Bei ihrem Entwurf waren die Eigenarten des Nutzbremsbetriebes — hohe Spannungen und hohe Ströme bei hohen Geschwindigkeiten — weitgehend zu berücksichtigen. Die Luftansaugeöffnung wird durch einen Kasten gebildet, dessen große Eintrittsöffnung durch ein Gazesieb abgedeckt ist, um den groben Schmutz abzuhalten. An dieser großen Eintrittsöffnung herrscht eine geringe Luftgeschwindigkeit, so daß zu erwarten ist, daß Schnee und Feuchtigkeit nicht mit in das Motorinnere hereingerissen werden. Die Kühlluft tritt auf der Antriebsseite in den Motor ein, durchströmt ihn und wird auf der Kommutatorseite durch das hier sitzende Lüfterrad ausgeworfen. Der Anker hat bei einem Durchmesser von 460 mm bei der Höchstdrehzahl von 2080 U/min eine Umfangsgeschwindigkeit von 51,0 m/s, der Kommutator bei einem Durchmesser von 340 mm eine solche von 37,5 m/s.

Bei der Unterbringung der Apparate sind vollkommen neue Wege beschritten worden. Während die Schaltapparate bisher

[1]) Siehe auch dieses Heft S. 281.



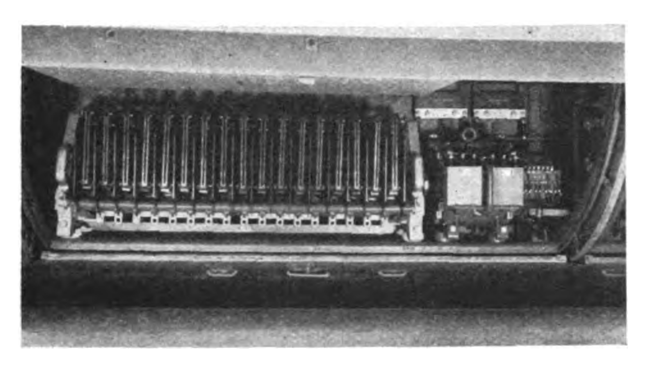


Bild 4. Einbau des Schaltwerkes.

in besonderen Kästen im Untergestell aufgehängt waren, wurde bei dem Hamburger S-Bahn-Wagen ein langer Apparatekasten geschaffen, der Bestandteil des Wagenuntergestells ist und von Drehgestell zu Drehgestell reicht. Dieser Kasten ist von außen durch große Schürzen zugängig, die in eigenen Schienen auf Rollen laufen. Die elektrischen Schaltgeräte sind somit sehr gut zu warten und auszubauen (Bild 4). Sämtliche Anschlüsse sind von vorn lösbar, das Schaltgerät kann in kürzester Zeit ausgebaut werden. Um das Eindringen von Feuchtigkeit, Staub oder Schnee zu verhindern, wird ein Teil der Abluft der Lüftungsanlage in den Kasten geblasen und dieser unter Überdruck gesetzt. Die Stromabnehmer der Züge können hand- und fernbetätigt werden. Die Fernsteuerung wurde eingebaut, um die Züge in den Ruhezeiten spannungslos abstellen zu können. Die Stromschiene wird seitlich bestrichen, die eigentliche Stromabnehmerschwinge konnte deshalb verhältnismäßig einfach ausgeführt werden.

Der Führerraum erstreckt sich über die ganze Wagenbreite (Bild 5). Drei große Fenster in der Stirnwand und zwei Seitenfenster vermitteln eine gute Streckenübersicht. Auf dem Führertisch sind alle Apparate angeordnet, die der Führer während der Fahrt zu bedienen hat. Er sitzt auf einem Stahlrohrsessel und hat vor sich auf einem kleinen Pult die während der Fahrt zu beobachtenden Instrumente und zu bedienenden Hebel und Schalter.

Die Triebzüge haben in jedem Triebwagen eine Luftpumpe mit einer Förderleistung von 40 m³/h gegen 8 kg/cm². Die Pumpen werden durch Hauptschlußmotoren für 1200 V und eine Leistung von 4,6 kW angetrieben. Die Erregerleistung für die elektrische Bremse wird in besonderen Bremserregerumformern erzeugt, die als Dreimaschinensätze — bestehend aus Antriebsmotor, Erregergenerator und Hilfsgenerator — ausgebildet sind. Der Antriebsmotor hat eine Leistung von 30 kW bei 1200 V, der Hauptgenerator eine solche von 26 kW bei 100 V. Als Hilfsspannung für Steuerung und Beleuchtung des Triebzuges wurden 110 V gewählt. Sie wird in einem Hilfsumformer erzeugt, dem eine Batterie zur Seite steht. Der Hilfsumformer ist ebenfalls ein Dreimaschinensatz von 12 kW bei 1200 V, bestehend aus Antriebsmotor, Generator und Zusatzmaschine für die Ladung der Batterie. Die Beleuchtungsleistung eines Triebzuges ist rd. 5,5 kW. Die Wagenheizung wurde als Luftheizung ausgebildet, bei der die angesaugte Frischluft in Heizregistern angewärmt, in die Fahrgasträume gedrückt und gleichzeitig die verbrauchte Luft an der Wagendecke abgesaugt wird. An warmen Tagen dient die Anlage zur Belüftung der Fahrgasträume, wobei sich bis zu 30fachem Luftwechsel einstellen kann. Die Regelung der Heizung und Lüftung geschieht vollkommen selbsttätig durch Wärmefühler. *Kff.*

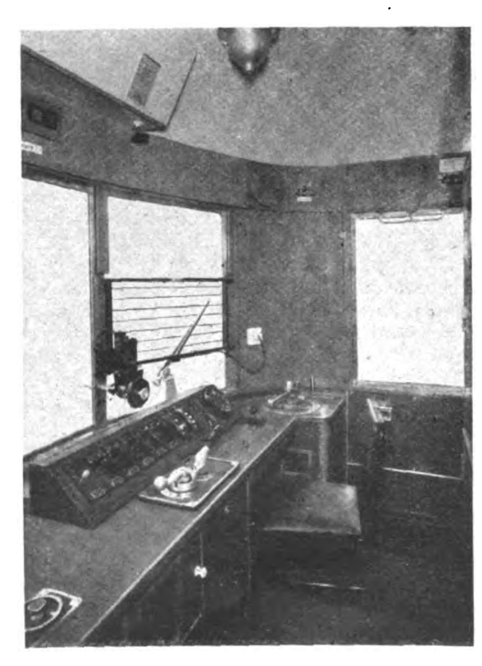


Bild 5. Führerstand.

Allgemeiner Maschinenbau

DK 669.71 : 621.822.5

Aluminium-Lagerlegierungen. [Nach Aluminium, Berl. 22 (1940) S. 248; 9 S., 9 B.]

Die Notwendigkeit, das teure Zinn in hochzinnhaltigen Lagermetallen zu sparen, ist heute dringender als je; daher sind Leichtmetall-Lagerlegierungen stark in den Vordergrund getreten. Versuche mit Lagerwerkstoff auf Aluminiumbasis gehen bis in die Zeit vor dem Weltkrieg zurück. Ungeeignete Legierungen an ungeeigneten Stellen brachten damals in vielen Fällen Fehlschläge, so daß Leichtmetall-Lager ein unverdientes Mißurteil bekamen, das ihrer weiteren Verbreitung im Wege stand. Über die Anwendbarkeit derartiger Lagermetalle kann nur der praktische Versuch in der Prüf- und in der Gebrauchsmaschine entscheiden, wenn unter Berücksichtigung der Gleiteigenschaften auch das technologische Verhalten, statische und dynamische Festigkeitswerte sowie auch physikalische Größen, z. B. Reibungs- und Ausdehnungskoeffizient, Wärmeleitvermögen usw. entsprechende Beurteilung finden. Bei dem Einsatz von Leichtmetall-Legierungen muß die eigenartige Entwicklung festgestellt werden, daß der Weg nicht über gering beanspruchte Lager zu den Lagern mit schwierigen Betriebsverhältnissen läuft; einige Aluminium-Lagerlegierungen werden bereits in Flugmotoren verwendet, während es bei viel geringer belasteten Lagern im allgemeinen Maschinenbau kaum zu praktischen Versuchen, viel weniger noch zu einer Einführung von Leichtmetall-Lagern gekommen ist. Ebenso wie die Lagermetalle auf Zinn- und Bleibasis die Lagerzapfen vor schädlichen Kantenpressungen schützen, muß diese Eigenschaft von Aluminium-Lagermetallen gleichfalls erwartet werden.

Die neuerdings bekanntgewordene Lagerlegierung Alva 36 ist eine weiche Legierung, die die Weißmetalle ersetzen soll, während die harte Legierung Neomagnal „A" vornehmlich an die Stelle von Kupferlegierungen, Bronzen und Sondermessingen treten soll. Alva 36, eine Mangan-Aluminium-Legierung mit Zusätzen von Blei und Antimon, läßt sich in Sandformen und Kokillen gießen; es läßt sich pressen und walzen. Für Lagerbuchsen wird Alva 36 in Verbindung mit Neomagnal, Tordal oder Heddur verwendet, indem Doppelmetallrohre aus Alva 36 und einem dieser festeren Metalle hergestellt werden. Für die Beurteilung der Geeignetheit von Alva 36 für Lagerzwecke sind folgende Eigenschaften erwähnenswert: Geringer Härteabfall bei steigender Temperatur, etwa doppelt so große Stauchfähigkeit gegenüber zinnreichem Weißmetall; dagegen ist die Druckfestigkeit bei steigender Temperatur infolge der geringen Härteabnahme bedeutend größer als bei Weißmetall. Bei den physikalischen Eigenschaften ist die größere Wärmedehnzahl zu erwähnen, die je nach den Einbauverhältnissen eine besondere Wahl des Lagerspieles erforderlich macht. Bei der Erprobung der Gleiteigenschaften in der Lagerprüfmaschine wurden Belastungen von 500 bis 600 kg/cm² bei $v = 8$ m/s und 400 kg bei $v = 10{,}2$ m/s bei einer einsatzharten Welle bzw. einer Welle aus Stahl von 70 kg/mm² Festigkeit erreicht. Für das Versagen eines Lagers durch Fressen bei Überlastung ist die Zusammensetzung der Legierung von Einfluß. Ein Lager aus Alva 36 zeigte kaum eine Beschädigung, während ein Lager aus einer harten Aluminiumlegierung mit Eisenzusatz fest mit der Welle verschweißt wurde. Im praktischen Betrieb hat sich Alva 36 bereits in Kurbelwellenlagern bei Dieselmaschinen und in Pleuel- und Hauptlagern bei Kraftwagen bewährt.

Neomagnal „A" ist ein harter Aluminium-Lagerwerkstoff aus Magnesium, Zink-Aluminium mit Zusätzen aus Mangan, Silizium und Blei und ist warm verformbar und aushärtbar. Versuchsweise wurde Neomagnal „A" als Kolbenbolzenbuchse mit gutem Erfolg erprobt. Ein anderes Anwendungsgebiet für dieses Metall besteht für die Herstellung von Schneckenrädern, Zahnrädern und dergleichen. Infolge seiner guten Gleiteigenschaften wird es sich zur Herstellung von Kugel- und Rollenkäfigen besonders gut eignen. *P. Bl.*

VERSCHIEDENES

Technik und Forschung für Amerikas Verteidigung

Offener Brief an Herrn L. A. Hawkins[1])

Von Prof. Dr.-Ing. M. Kloss VDE, Berlin

Sehr geehrter Herr Hawkins!

Mit einiger Verspätung kam mir das Septemberheft von 1940 des „Electrical Engineering" zu Gesicht, in dem sich ein Abdruck Ihrer Ansprache auf der Sommertagung des AIEE vom 24. bis 28. Juni in Swampscott findet mit dem Titel „Technik und Forschung für Amerikanische Verteidigung" (Engineering and Research for American Defence). Da Sie in dieser Ansprache mein Volk und seine Führung aufs heftigste angreifen, halte ich, der ich selbst Mitglied des AIEE war, mich für berechtigt und verpflichtet, Ihnen darauf zu antworten. Ich bin mir dabei bewußt, daß es bei uns Brauch ist, sich in Technischen Zeitschriften auf technisch-wissenschaftliche Arbeiten und Auseinandersetzungen zu beschränken. Wenn ich hiervon abweichend mich mit Ihnen in den Spalten der ETZ auseinandersetze, so ist dies dadurch berechtigt, daß auch Ihr Angriff, von einem Ingenieur ausgehend und sich an Fachgenossen wendend, in den Spalten einer Ihrer führenden amerikanischen technischen Zeitschriften erschienen ist. Ich hoffe dabei bei Ihnen auf Verständnis rechnen zu können, denn im einleitenden Absatz, in dem Sie dem „Forscher" den „Ingenieur" in durchaus treffender Weise gegenüberstellen, verlangen Sie ja selbst vom Ingenieur, er solle vorurteilsfrei (open-minded) und aufnahmefähig für neue Gedanken sein. Ich setze dabei voraus, daß Sie mir zustimmen werden, wenn ich als meine Überzeugung ausspreche, daß der Ingenieur die Auswirkung dieser wertvollen und notwendigen Eigenschaft nicht lediglich auf die Betätigung in seinem eigentlichen Beruf des technischen Schaffens beschränken soll, sondern daß er sie (wenn er sie wirklich besitzt) auch zur Geltung bringen sollte bei Betrachtungen von Dingen, Erscheinungen und Geschehnissen außerhalb seines Berufes, wenn er sich darüber ein zutreffendes Urteil bilden will.

Sie führen dann des weiteren aus, daß Technik und Forschung sich ergänzen und voneinander abhängig sind, worin man Ihnen durchaus zustimmen kann. Und dann fragen Sie:

„Warum sollte ich dann also eintreten für ein noch wirksameres Zusammenarbeiten zwischen Forschung und Technik? Weil ich seine Notwendigkeit für die allernächste Zukunft voraussehe."

„Die Welt um uns wird immer schrecklicher, und wir müssen ins Auge fassen, wie wir diesem Wandel begegnen?"

„Wir müssen erwachen aus unseren Träumen einer eingebildeten Sicherheit und der grausamen Wirklichkeit einer unmittelbar bevorstehenden Katastrophe ins Auge sehen."

„Wir Ingenieure müssen unsere Anstrengungen zur Förderung unserer Friedens-Industrie an zweite Stelle setzen und unsere Gedanken und Herzen in erster Linie auf die Kriegsprobleme richten."

Hiergegen wäre nichts einzuwenden. Im Gegenteil, jeder deutsche Ingenieur wird dies auch als seine selbstverständliche Pflicht ansehen, wenn es gilt, Volk und Land zu schützen gegen einen Angriff mit drohender Vernichtung.

Aber nun folgt in Ihrer Ansprache eine Begründung, die zur Kritik herausfordert:

„Solche Umstellung der technischen Arbeit auf die Bedürfnisse des Kriegsmoloch wurde vor Jahren in den totalitären Staaten Europas durchgeführt. Während wir uns bemühten, die Energien des Ingenieur-Schaffens zu entfalten, um das Gedeihen der Industrie in den Ver. Staaten und das Wohl des Volkes zu fördern, sind in jenen anderen Staaten die Energien auf Waffen der Zerstörung und des Mordes ausgerichtet worden. Das Ergebnis war die Schaffung einer so mächtigen Kriegsmaschine, wie sie die Welt weder gesehen noch erträumt hat. Und nun rollt diese furchtbare Maschine grausam vorwärts, alles auf ihrem Wege verwüstend, das Leben von Millionen zermalmend, ein freies Volk nach dem andern versklavend, Freiheit, Gerechtigkeit und menschliche Würde zertretend, und mehr und mehr von der Welt in erniedrigende Unterwerfung unter grausamen, unduldsamen Despotismus zwingend."

Hierzu frage ich Sie:

1. Haben wir als erste begonnen, eine (zugegeben) gewaltige „Kriegsmaschine" zu schaffen, um damit andere zu bedrohen und zu vergewaltigen? Oder hat nicht unser Führer nicht nur einmal, sondern immer wieder und wieder eine uns übrigens im Diktat (bei Ihnen und Ihren „Allierten" heißt es irreführenderweise „Vertrag") von Versailles zugesicherte allgemeine Abrüstung vorgeschlagen? Hat er nicht die Abschaffung aller schweren Waffen, das Verbot des Bombenabwurfs usw. befürwortet? Wer hat dies alles unter Bruch eingegangener Verpflichtungen immer wieder hartnäckig abgelehnt? England! Und wer hat dazu geschwiegen? Amerika! Wer hat seit Jahren immer wieder zum Kriege gehetzt und als Ziel die Vernichtung des deutschen Volkes gepredigt? Das waren Winston Churchill, Duff Cooper, Anthony Eden, alle die, die heute in England die Führung haben und damit die Verantwortung für den Krieg und damit für Englands Schicksal tragen. Sie haben doch sicher die Mitteilung Ihres General Wood gelesen, die er im Auswärtigen Ausschuß des USA.-Senats gemacht hat, wonach Winston Churchill ihm im Jahre 1936 erklärt hat: Deutschland wird zu stark; wir müssen es vernichten!

Der ganze Sinn Ihrer Ausführungen ist doch der: wenn ein Volk sich durch Krieg bedroht sieht, müssen alle und ganz besonders die Ingenieure sich einsetzen für Schaffung einer starken Kriegsrüstung. Nun, Herr Hawkins, damit geben Sie ja selbst die eindeutigste Rechtfertigung für unsere Wiederaufrüstung. Denn wir fühlten uns nicht nur bedroht, sondern wir wußten aus dem Mund der Kriegshetzer selbst, was uns bevorstand, wenn wir wehrlos — völlig wehrlos, Herr Hawkins! — geblieben wären.

Darum war es nicht nur unseres Führers gutes Recht, sondern vor allem auch seine Pflicht, sein Volk durch starke Wehr zu schützen! Aber ist denn das Recht auch auf Ihrer Seite so gut begründet? Glauben Sie und Ihre Fachkollegen denn wirklich allen Ernstes daran, daß „der Atlantik keine Barriere zu Ihrem Schutze" sei? Es zeugt ja von allerhand Hochachtung für unsere Leistungsfähigkeit, was Sie da unserem Führer und uns als seinen getreuen Gefolgsmannen alles zutrauen. Aber wir verzichten gern auf hochachtende Anerkennung für nur in aufgeregter Phantasie bestehende Leistungen und würden es vorziehen, wenn unsere amerikanischen Kollegen ihre Anerkennung uns dort zollen würden, wo wir sie wirklich zu verdienen glauben.

Und darum frage ich Sie weiter:

2. Ist Ihnen denn nichts davon bekannt geworden, daß gerade unser Führer gleich nach der Machtübernahme ganz großzügige Maßnahmen in Angriff genommen hat, die auf Entwicklung der „Friedenswirtschaft gerichtet waren zur Hebung der Wohlfahrt unseres Volkes? Maßnahmen, die in allererster Linie darauf abzielten, das schreckliche Elend der Arbeitslosigkeit zu beseitigen? Haben Sie denn nichts gehört (um nur einige Beispiele herauszugreifen), von den großen Bauvorhaben in der neuzeitlichen Umgestaltung unserer Großstädte, weiter von großzügigen Wohnungsbauten und von den großen im Bau befindlichen Seebädern am Ostseestrande in erster Linie für die arbeitende Bevölkerung? Glauben Sie nicht, daß es dem Führer wie unserem ganzen Volke viel mehr Freude und Befriedigung gemacht haben würde, wenn wir im Frieden all unsere Kraft auf diese und noch weitere große Aufgaben hätten verwenden können? Das hat unser Führer nicht nur einmal, sondern wiederholt in seinen Reden klar zum Ausdruck gebracht. Aber da die uns feindlich gesinnte Welt alle Friedensappelle unseres Führers mit Nichtbeachtung beantwortete oder gar mit Hohn zurückwies, so mußte nun die gesammelte Kraft des deutschen Volkes seit Jahr und Tag und besonders in diesem, von keinem Deutschen, vor allem auch von unserem Führer nicht gewollten, aber von England uns aufgezwungenen Kriege eingesetzt werden zur Verteidigung unserer Lebensrechte gegen eine feindliche Umwelt, die uns diese natürlichen Lebensrechte nicht zubilligen will, die sie für sich selbst als selbstverständlich in Anspruch nimmt.

[1]) Executive engineer, research laboratory, G. E. C. Schenectady, N.Y.

Und weiter frage ich Sie:

3. Sind die Zerstörungen, die, wie jeder Krieg, so auch dieser, mit sich bringt, allein der (wie Sie sagen) „Nazi-Kriegs-Maschine" zuzuschreiben? Haben Sie nichts gehört von den sinnlosen Zerstörungen, die die britischen Armeen auf ihren „siegreichen Rückzügen" in den Ländern ihrer Bundesgenossen vollbracht haben? Und haben Sie nichts davon gehört, daß England es war, das bereits im Mai 1940 mit Bombenangriffen auf offene Städte (Freiburg i. B.) und auf Wohnviertel der Zivilbevölkerung begann, und daß unser Führer, um schweres Unheil zu verhüten, immer und immer wieder vor der Fortsetzung dieser brutalen Kriegsführung gewarnt und mit einer für uns Deutsche fast unerträglichen Geduld über drei Monate lang gewartet hat, ehe er der deutschen Luftwaffe den Befehl zu Vergeltungsangriffen, und zwar auf kriegswichtige Ziele, erteilte? Oder sind auch Sie ein Opfer der englischen Propaganda geworden, die nun die Dinge geradezu auf den Kopf stellt, wenn sie jetzt uns Deutschen die Schuld an solcher Verschärfung des Kampfes zuschreibt, für die doch aber niemand anders verantwortlich ist als Winston Churchill?

4. Und wo herrscht denn grausamer, unduldsamer Despotismus, wo wird denn von uns „ein freies Volk nach dem andern versklavt und Freiheit, Gerechtigkeit und menschliche Würde zertreten"? Wir haben das deutsche Österreich aus den Fesseln internationaler „Versklavung" und jüdischer Ausbeutung befreit, wir haben ebenso das im Versailler Diktat auf Grund gefälschter Unterlagen an das widernatürliche Gebilde des tschechoslowakischen Staates verratene Sudeten-Deutschtum aus „erniedrigender Unterwerfung" befreit, und wir haben schließlich noch das ebenfalls durch das Versailler Schanddiktat vom Mutterlande losgerissene und in erniedrigende Unterwerfung unter den grausamen, unduldsamen Despotismus des Polentums „gezwungene" Deutschtum befreit, nachdem über 50 000 Deutsche in grausamster, viehischer Weise dem Terror eines Volkes zum Opfer gefallen waren, das sich bisher in der Geschichte als unfähig erwiesen hat zu jeder gesunden Staatenbildung und zu eigener kulturellen Hebung. Da Sie die „Unterwerfung und Versklavung" verurteilen, hätten Sie längst in den letzten 20 Jahren Ihre Stimme erheben müssen und Sie müßten doch jetzt die endlich erfolgte Befreiung verstehen, würdigen und gutheißen! Oder verweigern Sie allein dem Deutschen Volk das Recht der freien Selbstbestimmung, das Sie allen anderen Völkern offenbar zubilligen? Und andere Völker mit brutaler Gewalt zu versklaven und auszubeuten: das ist britische Art, aber dies liegt nicht in deutscher Art, und ganz besonders nicht in der Grundauffassung des neuen Deutschland unter Adolf Hitlers Führung.

Wohl aber lehrt die Geschichte, daß Deutsche sich beteiligt haben an der Befreiung anderer Völker, das sollte doch Ihnen, Herr Hawkins, aus der Geschichte des Freiheitskrieges Ihres eigenen Landes bekannt sein!

Nun sagen Sie weiter:

„Heute ist unser einziger Schutz die Britische Flotte. Wenn diese in Hitlers Hand fällt, so werden wir uns, praktisch allein und mit schrecklichen Aussichten einer feindlichen totalitären Welt gegenüber sehen." Dann . . . „wird Hitlers Macht bis an unsere Küsten reichen. Schon ist seine 5. Kolonne tätig auf dieser Halbkugel."

Bei uns, Herr Hawkins, ruft solch ein nicht gerade von Selbstsicherheit zeugender Angstschrei nur mitleidiges Lächeln hervor; denn hier denkt kein Mensch, am allerwenigsten unser Führer, an irgendwelche Angriffsabsichten auf die amerikanischen Kontinente. Was sollten wir denn damit auch nur erreichen wollen? Bedenken Sie doch nur, daß wir, selbst wenn wir solche unsinnigen Eroberungsabsichten hätten, sie nicht nach englischer (und französischer) Methode durch Blutopfer fremder Hilfsvölker erringen könnten, sondern daß das Deutschland der allgemeinen Wehrpflicht alle Kämpfe mit eigenem, und zwar mit dem besten eigenen Blute durchfechten muß. Gerade darin liegt aber eine sittliche Verpflichtung zur Vermeidung aller Kriege, die nicht der Verteidigung und der Sicherung unserer Lebensrechte dienen, eine Verpflichtung, in der unsere moralische Überlegenheit über unsere Gegner begründet ist, die für rein materielle Interessen einer kleinen Schicht ihr eigenes Volk und dazu noch gepreßte fremde Hilfsvölker verbluten lassen.

Und daraus folgt zwingend, daß wir gar keine Veranlassung haben, die in der Welt sagenhaften „5. Kolonnen" zu unterhalten. Aber wenn Sie als „research-Mann" Interesse an der Nachforschung nach solchen „geheimen Kolonnen" haben (was im Interesse nicht nur Ihres eigenen Landes, sondern auch der ganzen Welt liegen würde), so empfehle ich Ihnen, als eine umfangreiche und lohnende Ergebnisse versprechende Aufgabe die Aufdeckung der dunklen Machenschaften des „British Secret Service".

Übrigens was die Sicherheit und Unverletzlichkeit Ihres Kontinents angeht: Wie stehen Sie zu Argentiniens, nach unserer Auffassung durchaus berechtigten Ansprüchen auf Rückgabe der vor einem Jahrhundert durch England geraubten Falkland-Inseln? Und wie stehen Sie zu der Verletzung der panamerikanischen neutralen Zone durch England im Mendoza-Zwischenfall? War das britische Kriegsschiff vielleicht mit getarnten Nazis bemannt? Das könnte man beinahe als Ihre Vermutung annehmen. Denn Sie sagen ja nun weiter:

„Mehr als ein südamerikanisches Volk ist bedroht mit innerer Unordnung und womöglich Revolution durch Machenschaften der Nazis."

Damit sagen Sie im ersten Teil dieses Satzes nichts Neues. Denn es ist ja eine geschichtliche Tatsache, daß vor allem in Mittelamerika Revolutionen sozusagen am laufenden Bande sich abgespielt haben und zwar seit vielen Jahrzehnten, als es noch gar keine Nazis gab. Was soll also nun auf einmal das neue Deutschland Adolf Hitlers zu tun haben mit diesen landesüblichen Unruhen und Gebräuchen? Aber ich appelliere wieder an Ihre Berufsneigung als research-Mann und empfehle Ihnen einmal, dieses allerdings hochinteressante und aufschlußreiche Kapitel der Geschichte Mittelamerikas daraufhin zu untersuchen, inwieweit diese inneren Unruhen mit den Interessen angelsächsischer Ölmagnaten in Zusammenhang stehen. Inzwischen ist übrigens vielleicht auch Ihnen bekannt geworden, daß amtliche Untersuchungen das Ergebnis gezeigt haben, daß die in jüdisch-englischen Zeitungen erhobenen Anschuldigungen gegen führende Deutsche als Anstifter solcher Unruhen in Südamerika jeder Grundlage entbehren und böswillige, aber durchaus durchsichtige Erfindungen darstellen (als was wir sie von Anfang an erkannt hatten).

Aber nun folgt ein Satz aus Ihrer Ansprache, den ich mit aufrichtiger Freude und Genugtuung wiedergebe, weil er in vollkommener Übereinstimmung steht mit unserer eigenen Auffassung über die Beziehungen der Völker untereinander. Sie sagen in Bezugnahme auf die südamerikanischen Völker:

„Europa, nicht die Vereinigten Staaten, ist der natürliche Kunde für deren landwirtschaftliche Erzeugnisse. Ihre Handelsinteressen drängen sie von uns ab zu Hitler."

Hier geben Sie also unumwunden zu, daß zwischen Südamerika und Europa „natürliche" Bindungen bestehen. Es ist nun gerade ein Grundsatz nationalsozialistischer Weltanschauung und Politik, solche naturgegebenen und daher innerlich gesunden Beziehungen nicht nur aufrechtzuerhalten, sondern in jeder Hinsicht zu festigen und zu fördern; denn dabei hat jeder der beiden Partner Gewinn und Vorteil, im Gegensatz zu der seit Jahrhunderten von England geübten Methode der lediglich im einseitig eigenen Interesse willkürlich unter Anwendung von allerlei Druckmitteln eingerichteten Handelsbeziehungen. Aber warum ziehen Sie nun nicht aus Ihrer Feststellung der natürlichen Handelsbeziehungen den Schluß, daß es im Interesse einer friedlichen Entwicklung notwendig wäre, daß die Welt sich mit solcher naturgegebenen Entwicklung abfindet und sie nicht aus selbstsüchtigen Interessen mit allen Mitteln zu stören oder gar zu vernichten versucht, was doch nur Reibungen hervorruft, die schließlich auch zu bewaffneten Konflikten führen können?

Weiter sagen Sie:

„Wir können es uns nicht länger leisten, uns dem Luxus des Friedens hinzugeben. Alle die Grundsätze, Ideale und Einrichtungen, die uns so wert sind, werden niedergetreten durch grausamen Angriff. Sie sind uns überkommen von unseren Vorfahren um den Preis von Blut und Opfern. Wir wären abtrünnige Söhne, unwert unserer großen Erbschaft, wenn wir nicht bereit wären zu jedem notwendigen Opfer für ihre Erhaltung."

Herr Hawkins! Wer richtet denn gegen Ihr Land einen grausamen Angriff? Wer tritt denn Ihre Grundsätze, Ideale und Einrichtungen nieder? Gewiß, Deutschland hat andere Grundsätze, Einrichtungen und Ideale, weil es diejenigen der sogenannten Demokratien als Talmiware erkannt hat. Aber Deutschland denkt gar nicht daran, seine Ideale anderen Völkern aufzuzwingen; es billigt vielmehr jedem Volke die Freiheit und das Recht zu, sich selbst so einzurichten und sein Leben so zu gestalten, wie es dies für richtig und gut befindet. Aber es lehnt es eben aus dem Grundsatz der Freiheit und des Rechtes mit allem Nachdruck ab, wenn die sogenannten

Demokratien in Selbstüberheblichkeit behaupten, die allein richtigen Formen menschlichen Zusammenlebens und die allein wahren Ideale zu haben, und wenn sie überdies noch den Anspruch erheben, sie auch allen anderen Völkern vorzuschreiben.

Und wenn „Ihre Vorfahren um den Preis von Blut und Opfern" Ihnen Ihre Ideale und Ihre Freiheit errungen haben, so sind an diesen Opfern, wie schon erwähnt, auch deutsche Kämpfer unter dem deutschen General Steuben beteiligt, und der Freiheitskampf ging nicht etwa um Befreiung von deutscher, sondern von englischer Herrschaft! Müßten Sie sich daher nicht „als abtrünnige Söhne" dieser Ihrer Vorfahren fühlen, wenn Sie die Waffen erheben gegen das Volk, das Ihnen solche Freiheitskämpfer stellte?

Nach einer Forderung „engster Zusammenarbeit zwischen Regierung, Wirtschaftsführung und Arbeit" sagen Sie dann weiter:

„Um dies zu erreichen, müssen wir zuerst unsere Pflicht als Staatsbürger (citizens) erfüllen, ehe wir unsere Rolle als Ingenieur oder Wissenschaftler spielen können."

Hierin kann ich Ihnen grundsätzlich zustimmen. Sie sprechen da nämlich einen Grundsatz aus, der durchaus unserem deutschen Denken entspricht. Denn für unser Gemeinwesen und für unser Zusammenleben ist der über alles andere (auch über die Form des Staates) übergeordnete Begriff das lebendige Volk. Darum setzen wir die Pflicht des einzelnen gegenüber der Volksgemeinschaft an erste Stelle und seine Rechte aus dieser Gemeinschaft, als aus der Pflicht abgeleitet, erst an zweite Stelle ebenso wie seine Betätigung in Beruf und Alltagsleben.

Aber auch noch in anderer Hinsicht stelle ich in Ihrem Ausspruch eine erfreuliche Übereinstimmung mit unserer Grundauffassung fest, und zwar im Gegensatz zu den Vorwürfen, die vielfach im Auslande gegen uns erhoben werden. Da heißt es nämlich immer wieder, wir vernichteten die „Freiheit der Wissenschaft", indem wir sie als „zweckgebunden" erklärten. Sie selbst aber, Herr Hawkins, geben ja nun der Pflicht als Staatsbürger den Vorrang vor Ihrer Betätigung als Ingenieur oder Wissenschaftler. Also ist auch Ihre Wissenschaft „zweckgebunden" im Dienste Ihres Volkes. Ich freue mich dieser Übereinstimmung, in der ich eine Brücke für später vielleicht mögliches gegenseitiges Verstehen sehe.

Nun fragen Sie weiter:

„Was können wir tun? Wir können versuchen, den Tatsachen klaren Auges ins Gesicht zu sehen und mit einem Geist, der nicht mit Wunschgedanken erfüllt ist."

Das wäre sehr schön, Herr Hawkins! Wenn Sie dies doch nur verwirklichen wollten! Das würde der Sache des Friedens dienen. Aber gerade dies suche ich vergeblich in Ihren Ausführungen. Denn wenn Sie wirklich sich redlich bemühen würden, den Tatsachen klaren Auges ins Gesicht zu sehen, so würden Sie in der Beurteilung des deutschen Volkes und seines nationalsozialistischen Denkens ein gänzlich anderes Bild gewinnen.

Auch mit dem Satze:

„Es kann kein Friede sein, solange brutale Gewalt nach Weltherrschaft strebt"

gehen wir völlig einig. Denn Deutschland lehnt ein Streben nach Weltherrschaft als mit seiner geistigen Grundhaltung und seiner Achtung vor den natürlichen — nicht künstlich konstruierten, und daher unnatürlichen! — Lebensrechten anderer Völker grundsätzlich ab. Aber das tut es nicht etwa nur mit Worten, sondern mit der Tat: Daher sein zielbewußter Kampf gegen die Weltherrschaftansprüche des internationalen Judentums, die für jeden klar zutage liegen, der offenen Auges („open-minded") die Weltgeschichte studiert, in jüdische Schriften schaut und Aussprüche führender Juden beachtet. Darum ist Ihr oben wiedergegebener Satz im Zusammenhang mit Ihren gegen Deutschland gerichteten heftigen Angriffen völlig fehl am Platze. Oder haben Sie dabei vielleicht an die Entstehung des britischen Weltreiches gedacht und an die Behandlung der Iren, der Buren in Südafrika, der Inder, der Araber, der Ägypter und anderer Völker durch England?

Wenn Sie weiter sagen:

„Endlich können wir als Staatsbürger dazu helfen, einen Druck auszuüben auf unsere führenden Regierungsleute, sowohl der ausübenden wie der gesetzgebenden Gewalt, daß sie dem Volke die Wahrheit sagen ..."

so ist dies eine Forderung, über deren Erfüllung niemand größere Freude empfinden würde als das deutsche Volk und sein Führer; nur müßte das, was Ihre Regierung Ihrem Volke sagt, auch wirklich die Wahrheit sein! Ihr Suchen nach Wahrheit wird aber immer vergeblich sein und bleiben, solange Sie als Quelle dazu sich nur auf das stützen, was jüdische Zeitungen — und das sind die meisten — und Reuter-Telegramme Ihnen erzählen. Daß es auch in Amerika Leute gibt, die „open-minded" die Wahrheit suchen, zeigen offene Aussprüche bekannter Amerikaner.

Nach einem Hinweis auf die amerikanische Industrie als die mächtigste der Welt heißt es dann:

„... und unsere Lebensstandarde sind Gegenstand des Neides aller anderen Länder."

Dem muß ich nun unbedingt widersprechen, wenigstens soweit es Deutschland betrifft. Wir haben auf Grund eigener bitterer Erfahrungen (übrigens aus der Zeit, in der Deutschland eine „Demokratie" nach angelsächsischem Vorbild war) nicht die geringste Empfindung von Neid gegenüber einem Lande, das zwar mit die reichsten Bodenschätze der Welt besitzt, aber trotzdem viele Millionen Arbeitslose hat. Wir sind demgegenüber unserem Führer zu unauslöschlichem Dank verpflichtet, daß er mit ungeheurer Tatkraft in wenigen Jahren die schreckliche Not der Arbeitslosigkeit beseitigt hat. Und abgesehen davon, daß der deutsche Arbeiter heute ein gesichertes Arbeitseinkommen hat, kann er dies auch verwenden für sich und seine Familie ohne Verluste durch Streiks, Aussperrungen und verlorene Gewerkschaftsbeiträge. Dazu erfreut er sich einer sozialen Fürsorge in wirtschaftlicher, gesundheitlicher und kultureller Hinsicht, wie sie kein anderes Land der Erde kennt. Ich erinnere nur an den Unfallschutz, an laufende ärztliche Beobachtung des Gesundheitszustandes, an planmäßige körperliche Ertüchtigung, an Verbot der Jugendarbeit, an kostenfreie rechtliche Beratung, an die von der Organisation der NSV. (nationalsozialistische Volkswohlfahrt) durchgeführte Familienfürsorge, insbesondere an die Betreuung von Mutter und Kind in Mütter-Erholungsheimen und Tages-Kindergärten, weiter an die Freizeitgestaltung, an Verbilligung und dadurch Ermöglichung des Besuches von Theater, Konzerten, Kunstausstellungen. Den Bau von gesunden Wohnstätten erwähnte ich schon. (Übrigens: „slums" nach englischem Muster hat es in Deutschland niemals gegeben!) Schließlich weise ich noch darauf hin, daß es dem deutschen Arbeiter aus seinen Beiträgen zur „Deutschen Arbeitsfront" (DAF) und aus seinen Ersparnissen ermöglicht wird, Urlaubsreisen zu machen oder sich für erstaunlich niedrigen Preis ein erstklassig durchkonstruiertes Auto zu kaufen. Und dieser deutsche Arbeiter sollte seinen amerikanischen Kollegen beneiden? Um was denn, Herr Hawkins? Aber vielleicht haben wir nach Beendigung dieses jüdisch-englischen Krieges die Freude, Sie, Herr Hawkins, und manche Ihrer Kollegen und vor allem amerikanische Arbeiter einmal zu einer Studienfahrt durch „Nazi-Deutschland" bei uns begrüßen zu können. Dann könnten Sie sich selbst davon überzeugen, wie die Wahrheit über und in Deutschland aussieht und wer den anderen zu beneiden Veranlassung hat.

Nun, nach einem starken Appell an Ihre Regierung,

„den amerikanischen Ingenieuren, und zwar sofort, die Chance zu geben, Waffen für die Verteidigung des Landes zu schaffen gegen die monströse Nazi-Maschine, die auf ihrem grausamen Wege ist,"

schließt ihre Adresse mit folgenden Worten:

„Wir, die wir stolz sind auf unseren Beruf, könnten es nicht ertragen, daß vielleicht künftige Geschichtsschreiber sagen würden, es war die Technik, die die Freiheit angeschwärzt, und die alles vernichtete, was das beste war an unserer demokratischen Zivilisation. Vielmehr soll gesagt werden, wenn technische Werkzeuge in der Hand brutaler Despoten die Freiheiten der Welt bedrohten, so war es amerikanische Technik, die sich in ihrer Macht erhob und unüberwindliche Verteidigungsmaschinen schuf mit dem Ziele, daß ‚Herrschaft des Volkes, durch das Volk und für das Volk nicht verschwinden solle von dieser Erde'."

Ganz abgesehen davon, daß, wie schon gesagt, bei uns kein Mensch so irrsinnig ist, den Krieg nach Amerika hinübertragen zu wollen, um „Ihre demokratische Zivilisation zu vernichten", wird dieser Gedanke schon durch die einfache nüchterne Überlegung als unsinnig erwiesen, daß zu einem solchen Werk doch wirklich keine „monströse Kriegsmaschine" gebaut zu werden brauchte. Das könnte man nämlich viel billiger haben, wenn man einfach in Ruhe einen ganz natürlichen Zerfallprozeß abwartet. Was innerlich morsch geworden ist,



bricht ganz allein zusammen, um Raum zu geben für neues und gesundes Leben. Das zeigen Ihnen Ihre weiten amerikanischen Wälder, und das gilt eben auch genau so in der geistigen Welt für die Lebenskraft tragender Ideen.

Und daß auch bei Ihnen sich eine solche Wandlung bereits leise anbahnt, das scheint mir aus Ihren Schlußworten sich anzudeuten, wo Sie, offenbar als Ausdruck Ihrer „demokratischen Überzeugung", dem Wunsche Ausdruck geben, daß die „Herrschaft des Volkes, durch das Volk und für das Volk nicht von dieser Erde verschwinden möge".

Dieser Wunsch fängt „demokratisch" an, d. h. mit „Herrschaft des Volkes". Eine solche hat es aber in der ganzen Geschichte in Wirklichkeit noch niemals gegeben und kann es auch nicht geben, weil ein ganzes Volk über sich selbst doch gar nicht „herrschen" kann. Wozu brauchte es denn dann eine besondere „Regierung"? Und „durch das Volk" ist ebenfalls eine unzutreffende und irreführende Umschreibung der Wirklichkeit und sollte heißen „durch die Parteien" oder noch besser „durch die Parteiführer". Aber das Dritte: „für das Volk" läßt uns aufhorchen, denn bei uns ist alles ausgerichtet auf die Volksgemeinschaft. Sie ist Leitstern für alles Denken, Wollen und Tun. In den Demokratien (auch in unserer, Gott sei Dank, überwundenen) gilt aber in Wirklichkeit niemals das Wohl des Gesamtvolkes, sondern nur der Nutzen der gerade an der Macht befindlichen Interessentengruppen (wofür England ja ein besonders lehrreiches Beispiel ist). Nun, Herr Hawkins, wenn Sie Ihr letztes Wort: „für das Volk" als Ausdruck demokratischer Gesinnung meinen, so legen wir es zu den beiden anderen als unzutreffende Redewendung. Wenn Sie es aber im Grunde Ihres Herzens und aus voller Überzeugung wirklich so meinen, wie es lautet, dann, Herr Hawkins, haben Sie damit einen Gedanken aufgegriffen, der geradezu das Kernstück und der Leitgedanke unseres Programms ist. Ich sehe darin bei beiderseitigem guten Willen eine Brücke zur ehrlichen Verständigung von Land zu Land.

Ich komme zum Schluß zurück auf das, was ich eingangs schon zu Ihren Worten sagte, in denen Sie (mit vollem Recht) vom Ingenieur verlangen, er solle vorurteilsfrei (openminded) und aufnahmefähig für neue Gedanken sein. Darin sind wir uns völlig einig. Aber warum verleugnen Sie nun diese Grundlage so vollständig, wenn Sie Ihren Blick auf Deutschland und seine Entwicklung unter Adolf Hitlers Führung richten? Bei Ihren Betrachtungen und Urteilen kann ich weder Vorurteilsfreiheit noch Aufnahmefähigkeit für neue Gedanken feststellen! Und das ist mir so unverständlich, gerade weil Sie doch Ingenieur und Forscher sind.

Unser ganzes Ingenieur-Schaffen und -Denken beruht doch darauf, daß wir immer nach den Ursachen von Erscheinungen im Ablauf der Naturgesetze und in ihrer Anwendung in technischer Ausnutzung forschen, daß wir immer nach klarer Erkenntnis der gegebenen Tatsachen streben. Denn wir stützen uns bei unseren Konstruktionen niemals auf etwas, was nur aus „Wunschgedanken" einer Phantasie entspringt oder aus Märchenbüchern entnommen ist, sondern immer nur auf ganz reale Ergebnisse gewissenhafter Forschung und bewährter Erfahrung. Und darum tragen auch wir Ingenieure für all unser Denken und Schaffen mit Stolz die volle Verantwortung, wie es vielleicht bei keinem anderen Berufsstand der Fall ist.

Auf dieses technische Denken und dieses Verantwortlichkeitsgefühl habe ich immer große Hoffnungen gesetzt, weil ich darin eine hohe und schöne Aufgabe für die Ingenieure aller Länder sah, die friedlichen Beziehungen der Völker untereinander sichern zu helfen auf der Grundlage ehrlichen, aufrichtigen Wollens zu gegenseitigem Verstehen. Ich weiß nicht, ob Sie selbst an Tagungen der I.E.C. teilgenommen haben. Wenn nicht, dann können Sie sich von Ihren Fachkollegen bestätigen lassen, daß ich in meiner fast zwanzigjährigen Mitarbeit in der I.E.C. nicht nur einmal, sondern immer und immer wieder jede sich mir bietende Gelegenheit benützt habe, um an das Gewissen meiner Fachkollegen aus den beteiligten Ländern zu appellieren und sie aufzurufen zum bewußten Einsatz gerade des Ingenieurs im Dienste jener schönen Aufgabe einer Friedenssicherung.

Und daran werden Sie ermessen können, Herr Hawkins, wie groß meine Enttäuschung ist, wenn ich ausgerechnet aus dem Munde eines Ingenieurs und Forschers Worte und Behauptungen über Deutschland vernehmen muß, die der Wirklichkeit in keiner Weise gerecht werden.

Aber trotz alledem hoffe ich auf die Zukunft und den Sieg der Wahrheit.

Ihr sehr ergebener

M. Kloss VDE

Bezirk Berlin

vormals Elektrotechnischer Verein

(Gegründet 1879)

Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 I, VDE-Haus
Fernsprecher: 30 06 31

Fachversammlung

des Fachgebietes „Funktechnik und Verstärkertechnik"

Leiter: Professor Dr. phil. H. Faßbender VDE.

Vortrag

des Herrn Dr.-Ing. F. W. Gundlach VDE, Berlin, am Dienstag, dem 18. März 1941, um 18^{30}, in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Hörsaal HG 25, über das Thema:

„Über den Elektronenmechanismus bei der Bremsfeldröhre"

Inhaltsangabe:

Grundanschauungen über den Elektronenmechanismus: Mehrfachpendelung und einfacher Hin- und Rückgang im Bremsfeld.

Elektronenbahnbilder für Elektrodenanordnungen üblicher Ausführung.

Anfachung ultrahochfrequenter Schwingungen durch Elektronen, die einen einfachen Hin- und Rückgang im Bremsfeld ausführen.

Betriebseigenschaften von Bremsfeldröhren und ihre Erklärung aus dem Elektronenmechanismus.

Eintritt und Kleiderablage frei.

Arbeitsgemeinschaften (Technischer Nachwuchs)

Die Teilnahme ist frei. VDE-Mitgliedschaft ist nicht Bedingung.

Kabel und Leitungen. Leiter: Oberingenieur Dipl.-Ing. O. Gasser VDE.
17. März 1941, 18^{00}, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. „Selbsttragende Luftkabel". Vortragender: Postrat Dipl.-Ing. K. Machens VDE.

Elektrische Bahnen. Leiter: Reg.-Baurat Dr.-Ing. habil. H. Kother VDE.
18. März 1941, 18^{00}, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. Vortragsreihe: Ortsfeste Anlagen des elektrischen Zugbetriebes. 2. Teil: Ausführungen ortsfester Anlagen. 4. Vortrag: „Fernwirkanlagen (Sprechen, Schreiben, Messen, Steuern)". Vortragender: Reichsbahnrat Dipl.-Ing. V. Kammerer.

Stromrichter. Leiter: Dr.-Ing. habil. W. Schilling VDE.
19. März 1941, 18^{00}, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. Vortragsreihe: Gittersteuertechnik der Stromrichter. „Eigenschaften und Grenzen der Gittersteuerung pumpenloser Eisengleichrichter". Vortragender: Dipl.-Ing. G. Dobke.

Elektrophysik. Leiter: Dr.-Ing. F. Hauffe VDE.
20. März 1941, 18^{00}, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. Vortragsreihe: Physik und Technik des Tonfilms. „Tonwiedergabe". In Zusammenarbeit mit der Deutschen Kinotechnischen Gesellschaft. Vortragender: Dipl.-Ing. E. Kammerer.

Vortragskurse für Ingenieure

Entsprechend der Vorankündigung in Heft 51 und 52 der ETZ 1940 werden im Sommerhalbjahr seminaristische Vortragskurse für Ingenieure stattfinden. Es sind die folgenden drei Kurse vorgesehen:

1. Grundlagen der Gleichstromtechnik (Strömung und Felder)

Inhaltsangabe:

Grundbegriffe der elektr. Strömung.
Einfache und zusammengesetzte Stromkreise.
Grundbegriffe des magnetischen Feldes.
Induktionsgesetze.
Kraftwirkungen im magnetischen Feld.
Elektr. Feld, Feldlinien, Kapazität, Kraftwirkungen.
Elektrolytische Wirkungen.
Durchgang durch Gase.
Meßtechnische Übungen im Laboratorium

Vortragender: Stud.-Rat Bornemann, Ingenieurschule Beuth.

Dauer: 18 Doppelstunden jeden Mittwoch von 18^{00} bis 19^{30}, beginnend am 23. 4. 1941 (die Zeit vom 29. 6. bis 3. 8. ist vortragsfrei).

Ort: Ingenieurschule Beuth, Berlin N 65, Am Zeppelinplatz, Raum 120.

2. Grundlagen der Wechselstromtechnik

Inhaltsangabe:

Einfache Wechselströme. Widerstände.
Schaltungen. Schwingungskreise. Resonanz.
Gekoppelte Stromkreise.
Arbeit und Leistung der Wechselströmung.
Eisenhaltige Kreise. Eisenverluste.
Mehrwellige Wechselströme.
Mehrphasensysteme. Leistung und Leistungsmessung.

Durch rechnerische Beispiele, durch Versuche und oszillographische Vorführungen werden die Grundgesetze erläutert und geübt.

Vortragender: Stud.-Rat Dipl.-Ing. Marx, Ingenieurschule Gauß.

Dauer: 18 Doppelstunden jeden Montag von 18^{00} bis 19^{30}, beginnend am 7. 4. 1941 (der 14. 4., 2. 6. und die Zeit vom 29. 6. bis 3. 8. sind vortragsfrei).

Ort: Ingenieurschule Gauß, Berlin NW 21, Bochumer Str. 8 b.

3. Elektrische Meßtechnik

Inhaltsangabe:

Normale und Schaltelemente. Fehlerquellen, Toleranzen.
Meßempfindlichkeit und Meßgenauigkeit von Meßgeräten und Meßanordnungen.
Spannungsmessung. Geräte, Verfahren und ihre Eigenschaften.
Meßbrücken. Empfindlichkeit und Genauigkeit. Erdung und Schirmung.
Kapazitätsmessung. Technische Kapazitätsmesser.
Grundlagen der Frequenzmessung.
Das Braunsche Rohr als Meßgerät.

Vortragender: Stud.-Rat Dr. Schwerdtfeger, Ingenieurschule Gauß.

Dauer: 18 Doppelstunden jeden Freitag von 18^{00} bis 19^{30}, beginnend am 18. 4. 1941 (der 30. 5. und die Zeit vom 29. 6. bis 3. 8. sind vortragsfrei).

Ort: Ingenieurschule Gauß, Berlin NW 21, Bochumer Str. 8 b.

Teilnehmergebühr: für jeden Kursus RM 18,—.

Anmeldung: Die Anmeldung muß schriftlich beim VDE, Bezirk Berlin, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstraße 33, bis zum 26. 3. 1941 erfolgen. Die Teilnehmergebühr ist erst auf besondere Aufforderung einzuzahlen. Die Teilnehmerzahl ist für jeden Kursus auf 30 beschränkt.

VDE Bezirk Berlin
vormals Elektrotechnischer Verein
Der Geschäftsführer
Burghoff

Sitzungskalender

VDE Bezirk Kurpfalz, Mannheim (gemeinsam mit VDE Bezirk Saarpfalz). 14. 3. (Fr), 18^{00}, Industrie- und Handelskammer, L 1,2: „Die elektrischen Einrichtungen für den Eigenbedarf großer Kraftwerke". Dipl.-Ing. Fieguth.

VDE Bezirk Nordbayern, Nürnberg. 14. 3. (Fr), 20^{00}, Werke und Bahnen, Blumenstr. 16: „Technik und Kultur in der Geschichte von Böhmen und Mähren" (m. Lichtb.). Prof. Dr. F. Niethammer VDE.

VDE Bezirk Nordsachsen, Leipzig. 18. 3. (Di), 19^{15}, Grassimuseum: „Leucht- und Steuerwarten für Industrieanlagen". Obering. F. Jungblut VDE.

VDE Bezirk Nordsachsen, Leipzig, Arbeitsgemeinschaft Technischer Nachwuchs. 26. 3. (Mi), 19^{15}, Grassimuseum: „Grundsätzliche Fragen der Hochspannungstechnik". Dr.-Ing. Gattung.

VDE Bezirk Oberschlesien, Kattowitz. 13. 3. (Do), 17^{45}, Höh. Techn. Lehranstalten, Holteistraße: „Leistungsregelung von Kraftwerken und Netzen" (m. Lichtb.). Dr. E. Tüxen VDE.

VDE Bezirk Ruhr-Lippe, Dortmund. 19. 3. (Mi), 17^{00}, „Berghoff", Rheinische Str. 2: „Grundzüge der Fernsteuertechnik und ihre Anpassung an wechselnde Betriebsaufgaben (m. Lichtb.). Dr.-Ing. Henning.

VDE Bezirk Südsachsen, Chemnitz. 13. 3. (Do), 19^{00}, Staatl. Akademie für Technik: „Blitze in der Natur und im Laboratorium". Dipl.-Ing. W. Siemer VDE.

VDE Bezirk Württemberg, Stuttgart. 13. 3. (Do), 19^{00}, Technische Werke, Lautenschlagerstr. 21: „Alpenwasserkräfte und Bahnbetrieb (Betriebserfahrungen in der Ostmark)" (m. Lichtb.). Reichsbahnrat Dr. techn. W. Zorn VDE.

Deutsche Lichttechnische Gesellschaft, Berlin. 20. 3. (Do), 15^{00}, Harnack-Haus, Berlin-Dahlem, Ihnestr. 16/20: „Die Farbe, ihre Bewertung, Messung und Anwendung in Wissenschaft, Technik und Industrie".

Haus der Technik, Essen (gemeinsam mit dem Elektrowärme-Institut der Vereinigten Institute für Wärmetechnik). 31. 3. bis 4. 4.: Lehrgang „Elektrowärme im Industriebetrieb" unter Leitung von Dr.-Ing. habil. W. Fischer. Teilnehmergebühr 60 RM. Anmeldungen sind zu richten an die Geschäftsstelle des Hauses der Technik, Essen, Hollestr. 1 a.

BUCHBESPRECHUNGEN

DK 621.313/314.004.67

Praktische Anleitung zur Instandsetzung von Elektromaschinen und Transformatoren, sowie zur Herstellung von Elektromaschinenwicklungen und Transformatorenwicklungen. Von F. Riepenberg. 3., neubearb. u. wes. erweit. Aufl. Mit 178 B. u. 183 S. im Format 148×210 mm. Verlag Fritz Klett, Berlin 1940. Preis kart. 4,80 RM, geb. 6,— RM.

Das in der dritten Auflage erschienene Buch gibt Auskunft über die Instandsetzung von elektrischen Maschinen und Transformatoren, wobei auch die Licht- und Anlassermaschinen der Kraftwagen und Motorräder behandelt werden. Ursachen von Motorfehlern, deren Beseitigung und Wartung der Lager bilden den Anfang des Buches. Dann folgt die Herstellung der Wicklungen. Anschließend an die Gleichstromwicklungen wird der Stromwender besprochen. Ferner findet man Angaben über die Prüfung der Wicklungen und das Auswuchten der Anker. Ein Abschnitt über Umschaltung und Umrechnung von Motoren und Transformatoren beschließt das Buch. Auf einige Punkte, die bei einer Neuauflage Berücksichtigung finden mögen, sei hingewiesen. Die Bemerkung in dem Abschnitt „Schleifenwicklung", „Kleine und mittlere Gleichstrommaschinen erhalten fast nur eine Parallelwicklung" auf S. 45 stimmt nicht. Sofern sie nicht zweipolig sind, erhalten sie doch stets eine Reihenwicklung, was allerdings in einem späteren Abschnitt richtig vermerkt ist. In dem Abschnitt Drehstromwicklungen vermißt man die der polumschaltbaren Motoren. Sehr erwünscht wäre ein Eingehen auf die Austauschstoffe für die Baumwollisolation, namentlich auf deren Tränkfähigkeit. Dem Praktiker werden die in dem Buche klar gegebenen Ausführungen nützlich sein, zumal die dem Text beigegebenen Bilder gut gezeichnet sind. G. Jacoby VDE

DK 621.335.9

Das Elektrofahrzeug in der deutschen Kraftverkehrswirtschaft. Von Dr.-Ing. H. Ketelhohn. (H. 1 von „Wirtschaft und Technik", herausgeg. v. Prof. Dr. W. Schuster). Mit 10 B. u. 103 S. im Format 160×226 mm. Verlag von Franz Vahlen, Berlin 1940. Preis kart. 4,80 RM.

Von berufener Seite ist unter Stützung auf das vorliegende Schrifttum und eigene Betriebserfahrungen eine zusammenfassende Darstellung über das Elektrofahrzeug herausgekommen, in der entsprechend der Zielsetzung des Buches in erster Linie die wirtschaftliche Seite behandelt wird. Es ist so geschrieben, daß jeder Betriebsführer, auch der Nichtfachmann, sich ein klares Urteil über den Elektrowagen bilden kann. Wertvoll sind die Ausführungen besonders deshalb, weil nicht nur die Vorzüge des elektrisch betriebenen Fahrzeugs behandelt, sondern auch die Grenzen gezeigt werden, die ihm infolge seines begrenzten Fahrbereichs und der niedrigen Geschwindigkeit auf größeren Teilstrecken gesteckt sind.

Im ersten Abschnitt wird die deutsche Treibstoffwirtschaft und die Motorisierung behandelt. Am Anfang des Hauptteils ist kurz auf die geschichtliche Entwicklung des Elektrofahrzeugs hingewiesen. Es folgt dann die Technik dieses Fahrzeuges, an die sich dann Kapitel über Betriebskosten und Wirtschaftlichkeit anschließen. In einem besonderen Abschnitt sind die Grenzen



des Einsatzes von Elektrofahrzeugen gezeigt. Die Schlußbemerkungen unterstreichen seine allgemeine Bedeutung.

Das Buch kann allen daran interessierten Ingenieuren, Betriebsleitern und technischen Kaufleuten empfohlen werden.

H. Hasse VDE

DK 621.383

Die Photoelemente und ihre Anwendung. Von Dr. B. Lange. 1. Teil: Entwicklung und physikalische Eigenschaften. 2. Aufl. Mit 104 B. VI u. 144 S. im Format 155 × 230 mm. Verlag von Johann Ambrosius Barth, Berlin 1940. Preis kart. 9,60 RM.

Die erste Auflage wurde schon an dieser Stelle[1]) besprochen. Für die zweite vorliegende verbesserte und vermehrte Auflage gilt das dort Gesagte: Ein sehr zeitgemäßes Werk, das die Entwickelung, die Theorien über die Wirkungsweise, sowie die physikalischen Eigenschaften der Photoelemente in klarer und gründlicher Weise darstellt, wobei das Schrifttum über diese Zellen von der Entdeckung des Photoeffekts an bis zur Gegenwart voll berücksichtigt ist. Neu aufgenommen wurden inzwischen verschiedene Arbeiten über das Wesen der Halbleiterschicht, den Einfluß verschiedenfarbigen Zusatzlichtes, die Proportionalität des Photostromes bei geringer Beleuchtungsstärke, die Erzeugung künstlicher Sperrschichten, die Ultraviolettempfindlichkeit und anderes mehr.

Die Tatsache, daß nach vier Jahren eine Neuauflage nötig wurde, beweist, daß das gut ausgestattete, mit vielen Kurven und Tafeln versehene Buch bereits einen großen Leserkreis gefunden hat. Auch der zweiten verbesserten Auflage darf eine schnelle Verbreitung vorausgesagt werden.

W. Voege VDE

DK 669.23

Gmelins Handbuch der anorganischen Chemie. 8. Aufl. Herausgeg. von der Deutschen Chemischen Gesellschaft. System-Nr. 38: Thallium, Lief. 2. Preis kart. 25 RM. System-Nr. 68: Platin, Teil A, Lief. 4. Preis kart. 17,— RM. Teil C, Lief. 3. Preis kart. 16,— RM. Format 180 × 260 mm. Verlag Chemie G. m. b. H., Berlin 1940.

Offenbar zufolge technischer Erschwerungen durch die Kriegszeit ist das große Gmelinwerk seit letztem Juni nur mit diesen drei Heften vorangediehen.

S.-Nr. 38. Thallium, Lfg. 2

Hier werden zunächst unter Beifügung zahlreicher Zustandsdiagramme die Legierungen des Thalliums mit anderen Metallen, insbesondere Sb und Bi besprochen, sodann die Verbindungen des Tl mit Sauerstoff, Stickstoff und den Halogenen erschöpfend behandelt. Die Literatur ist bis November 1939 erfaßt.

S.-Nr. 68. Platin, Teil A, Lief. 4

Das ganze Heft (rd. 100 S.) ist der Analytischen Chemie der Platinmetalle eingeräumt, diesem besonders schwierigen Kapitel der chemischen Analyse. Zunächst werden die Nachweismethoden der einzelnen Pt-Metalle behandelt; für Trennung und Einzelnachweis im Gang der qualitativen Analyse werden allerdings nur Literaturhinweise gegeben. Um so eingehender sind anschließend die quantitativen Bestimmungsmethoden der Elemente, chemische und physikalische, sowie die Trennungen voneinander und von anderen Metallen und endlich spezielle Untersuchungsmethoden, wie Reinheitsbestimmungen der Pt-Metalle, Analysenverfahren für Pt-Erze u. a. zusammengestellt unter Literaturberücksichtigung bis Anfang 1940.

Teil C, Lfg. 3

umfaßt auf etwa 90 Seiten die komplexen Platin (II)- und Platin (IV)-salze der Kationen Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Zn, Cd, Hg, Sn, Pb, Cr, Mn, Ni, Co, Fe, Ag, Au und vieler anderer, wie der Platinmetalle in gewohnter Anordnung, Gründlichkeit und Vollständigkeit nach dem Literaturstand bis Oktober 1939.

Heinrich Menzel

DK 331.86 : 621.3

Wegweiser für den Praktikanten im Maschinen- und Elektromaschinenbau. Ein Hilfsbuch für die Werkstattausbildung zum Ingenieur. Von Dr.-Ing. F. zur Nedden. 4. Aufl. des Buches „Das praktische Jahr". Im Einvernehmen mit dem Reichsinstitut für Berufsausbildung in Handel und Gewerbe, neubearbeitet von Dr.-Ing. H. v. Renesse. Mit 11 B., VII u. 152 S. im Format 148 × 210 mm. Verlag von Julius Springer, Berlin 1940. Preis geh. 4,50 RM, geb. 5,70 RM.

Es ist für ein Buch meist ein gutes Zeichen, wenn es eine Auflage nach der anderen erlebt. Als es seinerzeit erschien, war es das erste auf diesem Gebiete, und auch heute noch steht es für sich da. Die beiden einleitenden Abschnitte: Wege zur praktischen Ausbildung und ihr Ziel sowie Grundlagen zum Verständnis der Fertigung sind schon vor dem Eintritt in den Beruf bzw. in die Praktikantentätigkeit lesenswert. Die Berufsberatungsstellen in der Wirtschaft, an den Schulen und bei den Arbeitsämtern dürften den Wegweiser deshalb seither schon den Schülern der Lehranstalten vor ihrem Abgang empfohlen haben. Die übrigen Teile des Buches belehren bei der Arbeit in den Werkstätten, und zwar nicht in einer Form und Ausdehnung, die der Ingenieurschule oder der Technischen Hochschule vorgreifen würde, sondern in einfacher anschaulicher Darstellung, wie sie für den Neuling auf dem Gebiete des Ingenieurwesens aufklärend und anregend wirkt. Während der Facharbeiterlehrling beim Eindringen in seine berufliche Kunst auch mit Rücksicht auf seine Jugend stark bis in alle Einzelheiten hinein planmäßig geführt wird, muß der Praktikant als angehender Ingenieur in die andere Arbeitsweise des vorwiegend Selbststudierens, des eigenen Beobachtens, des Suchens nach den Gründen für das, was er im Betriebe sieht und arbeitet, eingeführt werden. Das vermittelt der Wegweiser durch die in die einzelnen Abschnitte geschickt eingefügten „Beobachtungswinke", als Fragen hingestellt, wie sie dem Praktikanten je länger je mehr sich von selbst ergeben müssen. Hat er gelernt, vorliegende technische Verhältnisse klar bis in alle Einzelheiten zu erkennen, dann wird es ihm durch Planen, Berechnen, Gestalten und Versuchen gelingen, brauchbare Lösungen für gestellte Aufgaben zu finden. Wenn der Praktikant des Maschinen- oder Elektromaschinenbaues sich des Wegweisers in diesem Sinne bedient, dann ist er auf dem richtigen Anfangswege zum schaffenden Ingenieur.

Der Wegweiser will und kann zur Ausweitung, zur Vertiefung und zu einer besseren Ausnutzung der Arbeitszeit beitragen. Es wird darin auch gebührend auf das für den jungen Praktikanten so wichtige Sicheinleben in die Betriebsgemeinschaft hingewiesen, und mit Recht ist ein ganzer Abschnitt der Wirtschaftlichkeit der Fertigung gewidmet. Nicht nur die Praktikanten, sondern auch alle Ingenieure und Meister, die mit seiner Ausbildung zu tun haben, sollten dieses Buch besitzen und nutzen.

In einer neuen Auflage würde vorteilhaft der kurze Teil über die Gliederung der Gefolgschaft und die Nachwuchsausbildung erweitert werden können. Facharbeiter, Spezialarbeiter, Hilfsarbeiter mit Begriffsbestimmungen und Statistik, Berufsbild, Berufsbildungsplan, Eignungsanforderungen, Prüfungen für Lehrlinge und Lehrmeister mögen nur einige Stichwörter sein.

A. Heilandt

[1]) ETZ 57 (1936) S. 166.

EINGÄNGE

(Ausführliche Besprechung vorbehalten)

Bücher

Was muß jeder von der Angestelltenversicherung (Rentenversicherung der Angestellten) wissen? 4. Aufl. Von A. Glenz. 32 S. im Format 148 × 210 mm. Verlag A. Glenz, Essen-Bredeney. Preis geh. 0,55 RM.

Was muß jeder von der Invalidenversicherung (Rentenversicherung der Arbeiter) wissen? 2. Aufl. Von A. Glenz. 32 S. im Format 148 × 210 mm. Verlag A. Glenz, Essen-Bredeney. Preis geh. 0,55 RM.

Doktordissertationen

Roman Helldörfer, Resonanzschwingungen in Transformatoren; eine kathodenstrahloszillographische Untersuchung. T. H. Berlin 1940.

Ho, Zah-wei, Die Messung von Geschoßgeschwindigkeiten mittels einer durch Photozellen gesteuerten Kippschaltung. T. H. Berlin 1940.

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Dipl.-Ing. H. Bleckwenn VDE, Berlin-Lichtenrade, Zeißpfad 71
Oberreichsbahnrat B. Boehm VDE, Hamburg-Othmarschen, Giesestr. 4
Dipl.-Ing. F. Goetze VDE, Berlin C 2, Märkisches Ufer 4
Prof. Dr.-Ing. M. Kloss VDE, Berlin-Nikolassee, Beskidenstr. 10

Abschluß des Heftes: 7. März 1941

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE (z. Z. im Felde)
G. H. Winkler VDE (z. Z. im Felde)
H. Hasse VDE und R. Henrichs VDE

Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.



Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

62. Jahrgang | Berlin, 20. März 1941 | Heft 12

Tragbare Einrichtungen für die technische Röntgendurchstrahlung

Von E. A. W. Müller, Berlin

DK 621.386.14 : 620.179.152

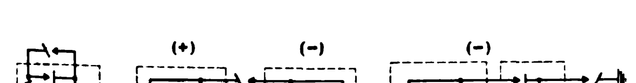
Übersicht. Schaltungen für Röntgengeräte, Röhren und Apparate für zweipoligen Betrieb werden beschrieben. Danach wird der einpolig geerdete Apparat zum Betrieb von Hohlanoden- und insbesondere Feinfokus-Röhren betrachtet. Abschließend werden direkt anzeigende Strahlungsmesser für Wanddickenmessungen, Dosismesser und Zählrohrgerät sowie Strahlenschutzmeßgeräte angegeben.

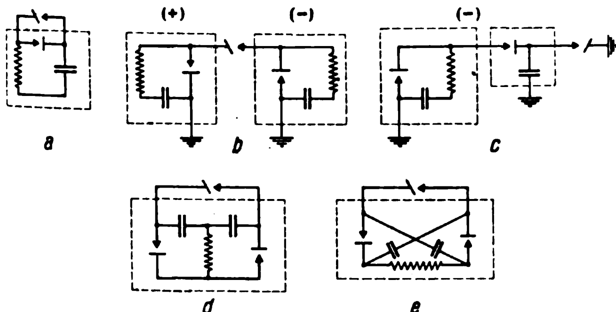
1. Erzeugung von Röntgenstrahlen

Die weitgehende Anwendung der Schweißtechnik, insbesondere im Brückenbau, hat die Entwicklung von Apparaten für die technische Röntgendurchstrahlung entscheidend beeinflußt. Eine wirtschaftliche Untersuchung auf der Baustelle außerhalb der Werkstatt ist nur durchführbar, wenn die mit dem Wechsel der Aufnahmestelle verbundenen Einrichtezeiten kurz bleiben [1][1]). Diese Forderung, die im wesentlichen auf ein geringes Gewicht der Anlage bei hinreichender Durchdringungsfähigkeit der erzeugten Strahlung hinausläuft, wurde erfüllt durch die Wahl einer Schaltung, die eine Aufteilung des Apparates in mehrere leichte, bequem zerlegbare Teile ermöglicht.

Bei der hier allein in Betracht kommenden Vervielfachungsschaltung nach Villard (Bild 1 a) wird in der einen Halbwelle jeweils der Kondensator über das Ventil auf den Scheitelwert der Transformatorspanung aufgeladen; in der zweiten Halbwelle liegt bei sperrendem Ventil an der Röntgenröhre eine Spannung, die gleich der Summe von Kondensator- und Transformatorspannung ist.

[1]) Die Zahlen in eckigen Klammern [] beziehen sich auf das Schrifttumsverzeichnis am Schluß der Arbeit.





a Spannungsverdopplung nach Villard (unsymmetrisch)
b Symmetrische Villardschaltung
c Minus-Hälfte des Hochspannungserzeugers nach *b* mit Glättungszusatz
d Spannungsverdoppelung nach Greinacher
e Spannungsverdreifachung nach Zimmermann-Witka

Bild 1. Schaltungen für Röntgenapparate

Die Spannung an der Röntgenröhre pulsiert also zwischen Null und einem Wert, der beinahe gleich der doppelten Transformatorscheitelspannung ist. Diese Schaltung kann nun aber, wie Bild 1 b zeigt, noch in zwei symmetrische Hälften aufgeteilt werden, so daß jetzt an der Röntgenröhre fast die vierfache Transformatorscheitelspannung liegt. Diese Anordnung führt zu einer fühlbaren Verminderung der hauptsächlich das große Gewicht der Hochspannungserzeuger verursachenden Isolation. Die weiteren bekannten Schaltungen für Röntgenapparate zeigt Bild 1 c bis e. Einen Fortschritt bedeutet ferner die Verlegung der Betriebskondensatoren in die Hochspannungskabel [2], deren Durchmesser für eine Spannung von 200 kV_s[2]) an der Röntgenröhre heute nicht mehr als 42 mm beträgt.

Ein nach diesen Gesichtspunkten entwickelter Apparat mit einer Dauerleistung von 10 mA bei 200 kV_s ist in Bild 2 wiedergegeben. Tafel 1 gibt einen Überblick über seine Gewichtsverhältnisse.

Tafel 1. Gewichtsanteile einer tragbaren Röntgeneinrichtung.

Apparateteil	Nettogewicht etwa kg	Gewichtsanteil in %
erster Hochspannungserzeuger (+)	95	25,7
zweiter „ (−)	95	25,7
Schaltkasten	90	24,3
Röntgenröhrenbehälter	30	8,1
2 Hochspannungskabel (zusammen)	60	16,2
	370	100,0

[2]) Der Index „s" gibt an, daß es sich um Scheitelspannungen handelt.

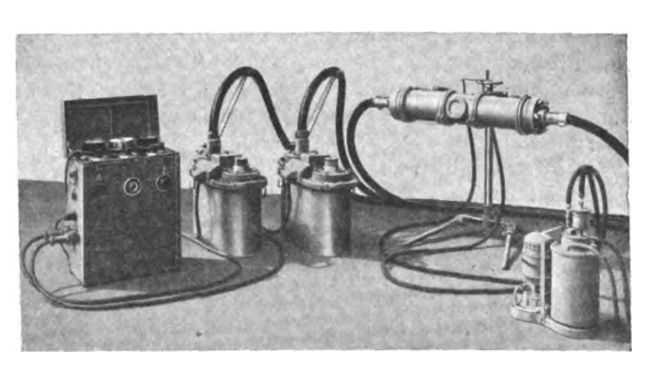


Bild 2. 200 kV-Grobstruktur-Apparat. Zum Transport werden die Verbindungen zwischen Schaltkasten, Hochspannungserzeuger und Röntgenröhrenbehälter gelöst.

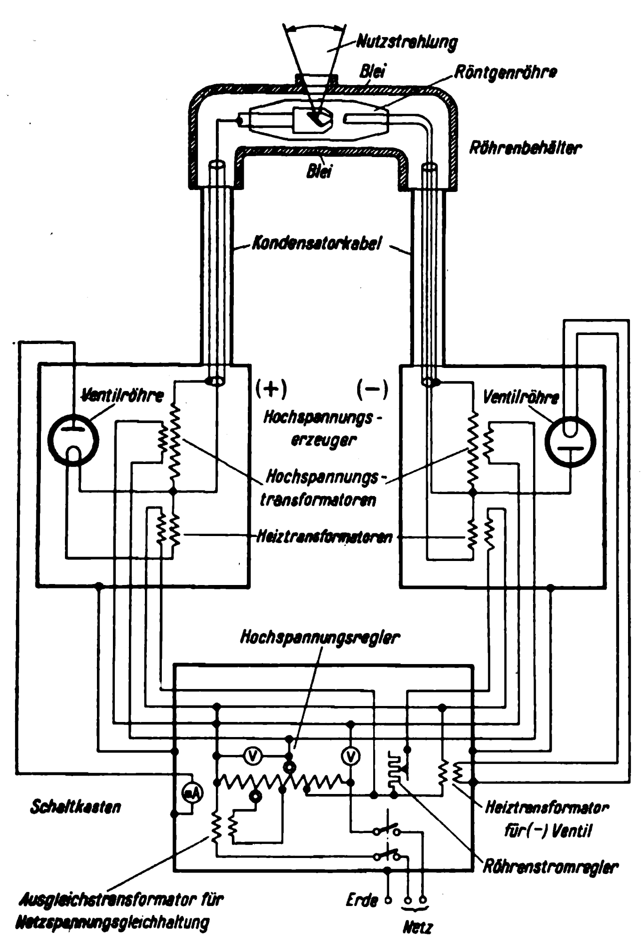
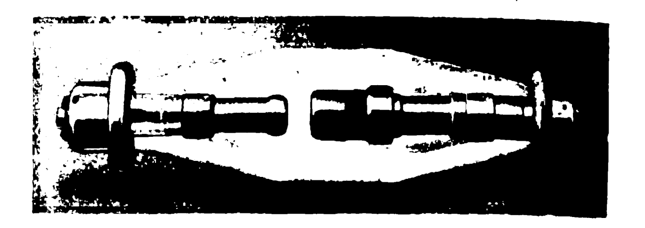


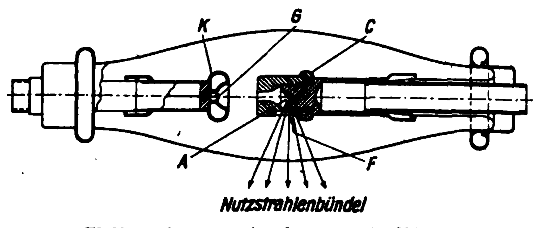
Bild 3. Schaltung eines tragbaren Röntgenapparates für Grobstrukturuntersuchungen.

Wie die grundsätzliche Schaltung nach Bild 3 erkennen läßt, ist ein zusammenhängender Erdungsschutz um sämtliche Hochspannung führenden Teile der Anlage gelegt, also auch um den Röntgenröhrenbehälter. Um diesen trotzdem klein zu halten, ist er mit Isolieröl gefüllt, das die Röhre umgibt und gleichzeitig zur Kühlung der Anode dient. Den Strahlenschutz des Behälters bildet eine auf Grund sorgfältiger Messungen ermittelte Bleiverkleidung.

Mit Rücksicht darauf, daß gerade auf Baustellen die Netzspannung starken, die Röntgenstrahlintensität beeinflussenden Schwankungen unterworfen ist, enthält der stufenlose Spannungsregler im Schaltkasten einen zweiten Abnehmer, der an einen Ausgleichstransformator angeschlossen ist, um die Netzspannung auf dem festen Wert von 220 V halten zu können. Ein besonderes, in Bild 2 nicht eingezeichnetes Relais schützt die Anlage vor der Auswirkung von etwa im Hochspannungskreis unsymmetrisch auftretenden Störungen.

In manchen Fällen reicht die Durchdringungsfähigkeit von Röntgenstrahlen, die von 200 kV-Elektronen erzeugt werden, nicht mehr aus, z. B. bei dickwandigen Schweißungen und größeren Stahlgußteilen. Die bei 200 kV noch wirtschaftlich durchstrahlbare Stahldicke beträgt 70 mm, günstigenfalls können bei längeren Belichtungszeiten noch 80 mm untersucht werden. Doch ist hier schon die Verwendung härterer Strahlen zweckmäßig. Deshalb wurden unter Beibehaltung des Baukastenprinzips Apparate für Spannungen bis 300 kV entwickelt. Diese Geräte sind allerdings nur noch beschränkt transportfähig. Man muß berücksichtigen, daß selbst bei restloser Raumausnutzung die Gewichte der Hochspannung führenden Behälter für Transformatoren und Röhren mit dem Quadrat der Spannung anwachsen.





A	Wolframplatte als Anode	G	Glühdraht
C	Schutzzylinder	K	Kathode
F	Fenster für die Nutzstrahlung		

Bild 4. 200 kV-Röntgenröhre für den Grobstrukturapparat nach Bild 2.

Den Aufbau von Röntgenröhren, wie sie in Apparaten mit symmetrischer Spannungsverteilung betrieben werden, zeigt Bild 4. Die aus einer Wolframplatte bestehende Anode A ist zur besseren Wärmeableitung in einen Kupferklotz eingelassen, der mit Öl gekühlt wird, das durch den aufgebohrten Anodenstiel zuströmt. Der Schutzzylinder C, der zum Auffangen von Streu- und Sekundärelektronen dient, besteht bei Röhren für hohe Spannungen aus Wolframkupfer, um bereits in nächster Nähe des Brennflecks innerhalb der Röhre einen Teil der nichtverwendeten Strahlung abzufangen, so daß die Bleiabschirmung des Behälters dünner gehalten werden kann.

Die Erweiterung des Spannungsbereiches der Apparate bis 300 kV ermöglichte auch den Betrieb von einpolig geerdeten Röhren mit Hohlanode bei ausreichenden Spannungen (150 kV). Zur Entwicklung dieser Röhrenart [3] hatten Schwierigkeiten geführt, die bei der Untersuchung verwickelter Konstruktionen auftraten [4]. Dabei handelt es sich z. B. um das Prüfen von Schweißnähten an Hohlkörpern, von geschweißten Rohrverbindungen und Kehlnähten. In vielen Fällen verhindert die Größe des Röhrenbehälters bei zweipoligem Betrieb eine Durchstrahlung des Hohlkörpers von innen nach außen, wie sie für die Bildgebung am günstigsten ist, oder eines der beiden Hochspannungskabel liegt im Wege.

Das aus Kupferblech bestehende Ende der Hohlanode (Bild 5), durch das die im Entladungsraum beschleunigten Elektronen unter der Einwirkung eines sammelnden magnetischen Feldes (die Sammelspule ist in Bild 6 zu sehen) hindurchfliegen, ist kegelmantelförmig ausgebildet und innen zur Erzeugung intensiver Röntgenstrahlen mit einem dünnen Belag schweratomigen Goldes versehen, dessen Ausdehnung dem größtmöglichen Brennfleck entspricht und dessen Dicke so bemessen ist, daß zwar die aufprallenden Elektronen fast ihre ganze Energie darin

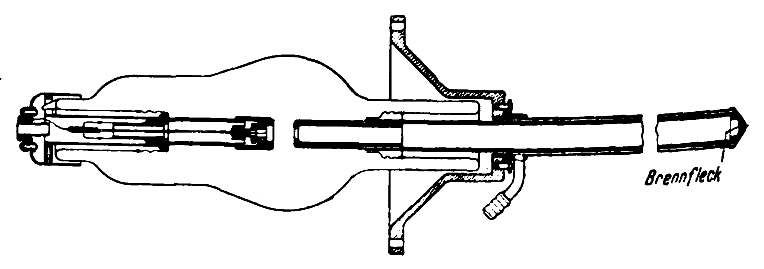


Bild 5. 150 kV-Hohlanoden-Röntgenröhre.

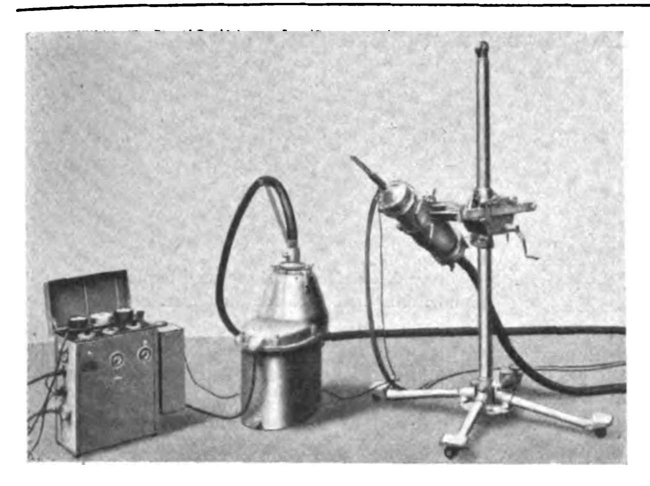


Bild 6. Grobstrukturapparat mit Hohlanodenröhre nach Bild 5 und Minus-Hochspannungserzeuger eines 300 kV-Apparates.

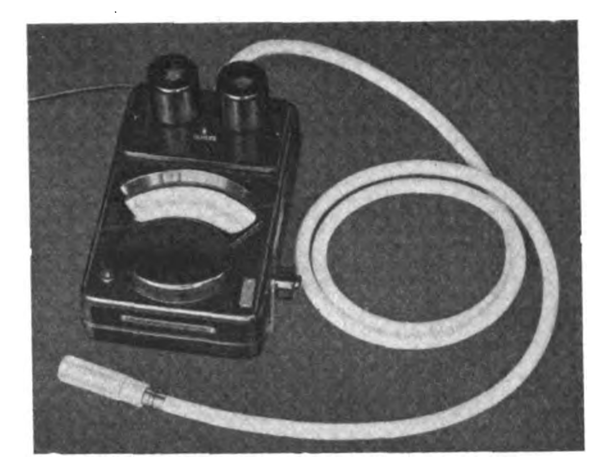


Bild 7. Dosismesser mit Ionisationskammer als Wanddickenmeßgerät.

verlieren, die entstehende Röntgenstrahlung aber nicht sehr geschwächt wird. Der besondere Vorteil dieser Anodenanordnung liegt darin, daß die vom Brennfleck ausgehende Strahlung nach den Seiten und in Richtung der Röhrenachse nahezu gleichbleibende Intensität besitzt, und daß man mit der geerdeten, mit Wasser zu kühlenden Anode recht nahe an den Prüfkörper heran kann, was zum Durchstrahlen der Bindeflächen von Kehlnähten nötig ist. Zum Betrieb der in einem Behälter mit Öl-isolation untergebrachten Röhre dient die (Minus-) Hälfte des oben beschriebenen 300 kV-Erzeugers (Bild 6).

Je nach dem Verwendungszweck werden Hohlanodenröhren statt mit einer Kegelanode auch mit massiven Plattenanoden versehen. Zwecks größerer Belastbarkeit besteht diese Platte aus dem schwerer schmelzenden Wolfram. Die Brennfleckgröße kann mittels der magnetischen Sammelvorrichtung verändert werden, was für die Abbildung von Mikrolunkern und feinen Rissen von Bedeutung ist. Um dabei die innere Unschärfe von Film und Folien zu überwinden, erzeugt man ein vergrößertes Röntgenbild dieser Fehler. Zur Vermeidung des störenden Einflusses der mit der Brennfleckgröße zusammenhängenden Randunschärfe darf der Brennfleck aber eine gewisse Größe, beispielsweise 0,3 mm Dmr., nicht überschreiten [5] (Feinfokus).

Der Betrieb solcher Röhren an pulsierender Spannung hat sich zwar als möglich, aber als unzweckmäßig erwiesen. Deshalb wird zwischen Hochspannungserzeuger und Röhre noch ein ebenfalls tragbarer Glättungszusatz geschaltet, der einen Kondensator und ein Ventil mit Schaltung nach Bild 1 c enthält. Der Betrieb an Gleichspannung bringt eine Vervielfachung der Strahlenausbeute mit sich, solange die Welligkeit der Spannung gering ist, was bei der an und für sich niedrigen Belastung von Feinfokusröhren aber immer der Fall ist.

2. Anzeige von Röntgenstrahlen

Die verbreitetsten Anzeigemittel sind der Film, zum Teil mit Verstärkerfolien, sowie der Leuchtschirm. Das photographische Verfahren wie auch die Leuchtschirmbeobachtung leisten gute Dienste beim Auffinden räumlich eng begrenzter Fehler in Schweißnähten: von Schlakkeneinschlüssen, Rissen, Poren u. a., sie versagen jedoch, wenn es sich darum handelt, ausgedehnte Fehler, wie Wanddickenunterschiede, festzustellen oder auch die Wanddicke selbst zu messen [6]. Hier sind direkt anzeigende Instrumente am Platze. Praktische Bedeutung haben zwei Geräte erlangt, die auf der Ionisationswirkung der Röntgenstrahlen beruhen: der Dosismesser und das Zählrohr.

In der Ionisationskammer des Dosismessers wird der Ionenstrom bei Sättigung von den zwischen zwei Elektroden erzeugten Ionenpaaren gebildet. Die Zahl der gebildeten Ionen ist verhältnisgleich der Intensität der Strahlung, d. h. der Zahl und dem Energieinhalt der absorbierten Strahlenquanten. Zum Zweck der direkten Ablesung wird der Spannungsabfall gemessen, den der Ionenstrom an einem hochohmigen, sehr konstanten Widerstand erzeugt. Bild 7 zeigt ein für Wanddickenmessungen entwickeltes Gerät hoher Empfindlichkeitskonstanz.

Das seit einigen Jahren mit Erfolg für Strahlungsmessungen in der Physik benutzte Zählrohr von Geiger und Müller wurde für die Zwecke der Werkstoffprüfung weiterentwickelt [7]. Im Gegensatz zur Ionisationskammer wird im Zählrohr von jedem durch Absorption eines Lichtquants freiwerdenden Elektron eine Gasentladung eingeleitet, die aber nach kurzer Zeit mit Hilfe geeigneter Schaltelemente oder durch besondere Gasfüllung zum Verschwinden gebracht werden kann. Der mit der Gasentladung verbundene Strom übertrifft um mehrere Größenordnungen den durch bloße Ionisation erzeugten Ionenstrom, wodurch die größere Strahlenempfindlichkeit des Zählrohrs begründet ist. Da die einzelnen Stöße zeitlich völlig regellos aufeinander folgen,



Bild 8. Zählrohr-Wanddickenmeßgerät.

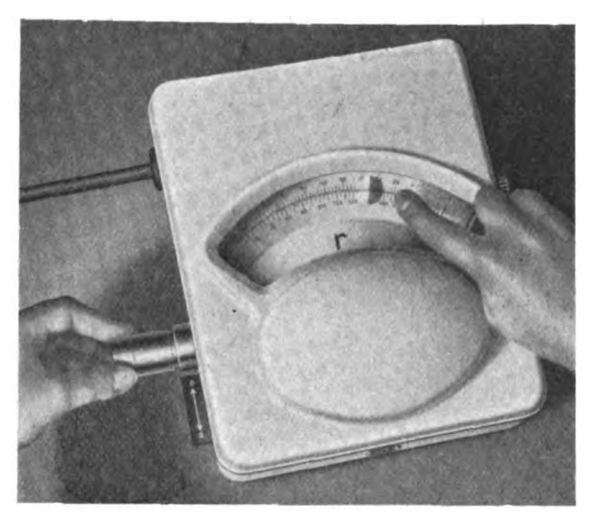


Bild 9. Meßinstrument mit Kondensator des Integraldosismessers für Strahlenschutzmessungen.

bedarf man einer Mittelwertbildung über größere Stoßstrahlen, wenn man die Strahlenintensität mit einer bestimmten Genauigkeit angeben will. Zur Erzielung kurzer Meßvorgänge muß dann das Zählrohr ein großes Auflösungsvermögen besitzen, was durch geeignete Zusätze von Alkoholdampf usw. erreicht wurde, so daß auch bei über 100 000 Stößen/s die Anzeige noch verhältnisgleich der Strahlenintensität ist, somit auch große Intensitäten im Gegensatz zu den bisherigen physikalischen Messungen gemessen werden können.

In ähnlicher Weise wie bei dem direkt anzeigenden Dosismesser wird auch der aus zahlreichen Einzelstößen bestehende Zählrohrstrom über einen Widerstand mit parallel geschaltetem Glättungskondensator geleitet. Der Spannungsabfall am Widerstand dient unter Zwischenschaltung eines Verstärkers als Maß der Strahlenintensität. Bild 8 zeigt ein vollständiges Meßgerät mit eingebautem Netzregler zur Kompensation der durch Netzspannungsschwankungen hervorgerufenen Intensitätsänderungen der Strahlung.

3. Strahlenschutz

Daß mit der Absorption starker Strahlung am menschlichen Körper verbundene schwere Schäden in den letzten Jahren nur wenig beobachtet wurden, ist dem Bemühen um einen genügenden Strahlenschutz zu danken. Die in dem Normblatt DIN RÖNT 6/1934 festgelegten Vorschriften über den Strahlenschutz in nichtmedizinischen Betrieben enthalten schon Angaben darüber, wie weit die Strahlenerzeuger mit Schutzstoffen zu verkleiden sind und welche Maßnahmen zusätzlich zum Schutz vor Streustrahlung usw. ergriffen werden müssen. Mit Rücksicht auf die Ergebnisse neuerer Forschungen, nach denen die Generationsorgane nur eine tägliche Strahlenmenge von 0,025 r vertragen, während man für den menschlichen Körper sonst noch eine Strahlenmenge von 0,25 r für unschädlich hält, erscheint es darüber hinaus geboten, sich einerseits über das tatsächlich vorhandene Strahlenfeld in der Umgebung einer Röntgenanlage Klarheit zu verschaffen, anderseits vor allem die tägliche Strahlenmenge zu messen, der das Bedienungspersonal bei seiner Tätigkeit ausgesetzt ist [8]. Im ersten Falle führen Dosismesser mit Streustrahlenkammern und mit Hilfe dieser Dosismesser geeichte Zählrohrgeräte zum Ziel. Im zweiten Falle ist es aber notwendig, die an den verschiedenen Aufenthaltsorten um die Anlage herum vom Personal empfangenen Strahlenmengen zu summieren.

Ein hierfür geeignetes, nach dem Ionisationsprinzip, dem einzigen exakten und wellenlängenunabhängigen Verfahren arbeitendes Gerät zeigen die Bilder 9 und 10. Die Bedienung ist einfach; der Meßvorgang ist folgender: In das Instrument (Bild 9) wird ein kleiner zylindrischer Kondensator gesteckt und von einer konstanten Gleichspannungsquelle auf eine bestimmte Spannung aufgeladen. Der Kondensator wird dann abgezogen und mit einer Ionisationskammer verbunden. Dieser durch keinerlei Kabel mehr mit dem Instrument verbundene Meßkörper (Bild 10) kann von der strahlengefährdeten Person in die Tasche gesteckt werden und wird dann auf natürliche Weise der gleichen Strahlung ausgesetzt, die den Benutzer bei seiner Arbeit trifft.



Bild 10. Meßkörper des Indegraldosismessers, bestehend aus Kondensator und Ionisationskammer.

Die durch die Bestrahlung der zum Kondensator parallelgeschalteten Ionisationskammer hervorgerufene Spannungsabnahme des Kondensators liefert ein Maß für die während der Meßzeit erhaltene Gesamtstrahlenmenge. Zu ihrer Bestimmung wird der Kondensator von der Kammer abgezogen und wieder in das Instrument gesteckt. Die Lichtmarke des Elektrometers zeigt dann unmittelbar die Dosis auf der in Röntgeneinheiten r geeichten Skala an. In großen Betrieben können auf diese Weise viele Personen gleichzeitig mit je einer solchen Meßkammer versehen und die an den verschiedenen Arbeitsplätzen erhaltenen Dosiswerte nacheinander am gleichen Instrument ermittelt werden.

Zusammenfassung

Für tragbare Röntgengrobstruktur-Apparate wird vorzugsweise die Villardschaltung gewählt, da sie eine Aufteilung der Hochspannungserzeuger in leicht bewegliche Einheiten gestattet. Diese Geräte werden für Spannungen von 200 bis 300 kV gebaut. Die Minushälfte der 300 kV-Erzeuger wird außerdem zum Betrieb von Hohlanoden-Röntgenröhren verwendet und nach Zwischenschalten eines Glättungszusatzes auch zum Betrieb von Feinfokusröhren benutzt. Für die Anzeige von Röntgenstrahlen kommen außer Film und Leuchtschirm direkt anzeigende Instrumente, wie der Dosismesser und das Zählrohrgerät, in Betracht. Zur Überwachung des Strahlenschutzes in Röntgenanlagen dienen Dosismesser und Zählrohre. Integraldosismesser ermöglichen eine laufende Messung der vom Bedienungspersonal empfangenen täglichen Strahlenmengen.

Aus dem Schrifttum

[1] J. D. Gollnow, Die Wirtschaftlichkeit des Schweißens im Stahlbau im Hinblick auf die Feststellung der Schweißfehler durch Röntgenprüfung. Diss. T. H. Braunschweig. Borna-Leipzig 1937. — Vgl. a. E. A. W. Müller, Die Wirtschaftlichkeit der zerstörungsfreien Werkstoffprüfung. Stahl u. Eisen 60 (1940) S. 221.
[2] R. Berthold, Stand und Entwicklung der zerstörungsfreien Werkstoffprüfung. Z. VDI 78 (1934) S. 173.
[3] A. Ungelenk. Röntgenröhren mit Hohlanode. Fortschr. Röntgenstr. 56 (1937) Kongreßheft.
[4] E. A. W. Müller, Hohlanodenröhre für die Röntgendurchstrahlung. Arch. Eisenhüttenw. 10 (1936/37) S. 481.
[5] R. Berthold, Der Einfluß geometrischer Bedingungen auf die Güte von Röntgenschattenbildern. Arch. Eisenhüttenw. 12 (1938/39) S. 597.
[6] E. A. W. Müller, Fehler-Erkennbarkeit bei der technischen Röntgendurchstrahlung. Arch. techn. Messen (1939) V 9114 — 8.
[7] A. Trost, Betriebsmäßige Wanddickenmessung mit Röntgenstrahlen und Zählrohr. Stahl u. Eisen 58 (1938) S. 669.
[8] Verordnung zum Schutze gegen Schädigungen durch Röntgenstrahlen und radioaktive Stoffe in nichtmedizinischen Betrieben (Röntgenverordnung). Vom 7. 2. 1941, Reichsgesetzblatt, Jg. 1941, Teil 1, Nr. 18 v. 14. 2. 1941.

Elektrische Einrichtungen an neuzeitlichen Kunststoffwalzwerken

Von Friedrich Grünwald VDE, Berlin

DK 621.944.9 : 621.315.616

Übersicht. Ein mit Ölumlaufheizung versehenes Walzwerk zur Bearbeitung von Kunststoffen und plastischen Massen wird beschrieben, wobei die Erwärmung des Öles auf elektrischem Wege erfolgt und die erforderlichen Arbeitstemperaturen an den Walzen durch Mischen von kaltem und heißem Öl am Walzeneingang eingestellt werden.

In der großen Reihe von Austauschwerkstoffen nehmen die nicht härtbaren Kunststoffe einen breiten Raum ein. Abgesehen von der Gewinnung der Rohprodukte auf chemischem Wege erfordert die Verarbeitung ganz neue, teilweise bisher unbekannte Methoden. Vielfach werden neue Erkenntnisse für die Be- und Verarbeitung erst im Laufe der Weiterentwicklung gesammelt, um dann bei der Vervollkommnung der Verfahrenstechnik später berücksichtigt zu werden. Diese Tatsachen bestimmen wesentlich die Entwicklung der erforderlichen Maschinen, die teils vollständige Neukonstruktionen darstellen, um die Stoffe nicht nur laboratoriumsmäßig, sondern auch in großem Maßstabe verarbeiten zu können und somit auf wirtschaftliche Produktion zu gehen. Die nicht härtbaren Kunststoffe werden in plastischem Zustand ähnlich wie Naturkautschuk oder auch die ihm gleichwertigen Bunasorten verarbeitet, wofür in erster Linie Kneter oder auch Walzwerke in Betracht kommen. Die nachstehenden Ausführungen geben einen Überblick über die Neuentwicklung eines Kunststoffwalzwerkes, das in allen Einzelheiten in vollem Maße den Forderungen für die Verarbeitung derartiger Stoffe Rechnung trägt. Hier zeigte sich, daß nur durch enge Zusammenarbeit des Maschinenkonstrukteurs mit dem Antriebsfachmann die gestellten Forderungen erfüllt werden können. Durch geeignete Bemessung des elektrischen Antriebes war es erst möglich, gerade einen der wichtigsten Punkte, die universelle Verwendung der Maschine, zu gewährleisten. Der regelbare Antrieb gestattet es, die günstigste Verarbeitungsgeschwindigkeit, die für einzelne Stoffe vielfach noch unbekannt ist, durch Versuche herauszufinden, abgesehen davon, daß auch die Verarbeitung verschiedener Stoffe ganz unterschiedliche Anforderungen an die Verfahrenstechnik stellt. Außer der weitgehenden Anpassung der Verarbeitungsgeschwindigkeit an den Stoff durch Drehzahlregelung spielt bei den Kunststoffen die Temperatur und ihre Regelung eine wesentliche Rolle. Das letzte ist notwendig, um einesteils Erzeugnisse verschiedener Art mit den für sie notwendigen Temperaturen auf der gleichen Maschine bearbeiten zu können, anderseits jedoch auch, um zur Einhaltung einer bestimmten Werkstofftemperatur die bei der Bearbeitung entstehende Umformungswärme abzuführen. Die Maschinen müssen also nach Bedarf geheizt bzw. auch gekühlt werden. Hierbei muß die Erzielung hoher Arbeitstemperaturen besondere Berücksichtigung finden, da viele Werkstoffe sich erst bei 180 ° und u. U. noch höheren Temperaturen einwandfrei verarbeiten lassen.

Einrichtung des Walzwerks

Bei dem abgebildeten Walzwerk (Bild 1) wurden entsprechende Einrichtungen vorgesehen, um ihm eine universelle Verwendung weitgehend zu sichern. Die beiden geschliffenen Hartgußwalzen mit je 600 × 1500 mm sind mit wassergekühlten Lagern in zwei stabilen Walzenständern gelagert. Entgegen den sonst üblichen Ausführungen hat jede der Walzen einen eigenen Antriebsmotor in Form eines stufenlos regelbaren, ständergespeisten Drehstrom-Nebenschluß-Kollektormotors mit je 115 PS bei 1050 U/min mit einem Drehzahl-Regelbereich 1 : 3 bei konstantem Moment erhalten. Über entsprechende Stirnradübersetzungen und vorgeschaltete Getriebe läßt sich jede Walze für sich zwischen 7 und 21 U/min stufenlos in der Drehzahl regeln, so daß zwischen den Walzen Friktionen von 1 : 1 bis 1 : 3 in jeder beliebigen Form eingestellt werden können. Die Möglichkeit einer einstellbaren Friktion bietet für die Verarbeitung der verschiedenen Stoffe ganz bedeutende Vorteile, da hierdurch der wirtschaftliche Wert gefunden und eingestellt werden kann. Die Einstellung geschieht in einfacher Weise durch Fernsteuerung, d. h. Betätigung von Schwenkschaltern auf dem Kommandoschrank, wobei jeweils die einzelnen Motordrehzahlen und die vorhandene Friktion zwischen den beiden Walzen direkt an eingebauten Instrumenten abgelesen werden können. Die Hauptantriebsmotoren sind in geschützter Ausführung gewählt, eine Schutzart, die den Betriebsverhältnissen vollauf genügt. Für die Drehzahlfernverstellung sind Elektroantriebe angebaut.

Da die Walzen betriebsmäßig je nach dem Arbeitszustand der Verarbeitungsmasse in ihrer Lage zueinander verstellt werden müssen, wurde zur Walzenspaltverstellung eine elektromotorisch betätigte Einrichtung vorgesehen. Auf Grund von bestehenden Erfahrungen wurden für die vorliegenden Verhältnisse geschlossene Drehstrommotoren, und zwar für jede Verstellspindel ein Kurzschlußankermotor mit 5,5 PS bei 1425 U/min in vertikaler Anflanschbauart gewählt. Diese sind sowohl ausreichend für das Öffnen und auch Schließen des Walzenspaltes bei voller Belastung der Walzen. Die Bemessung der Motoren wird immer in engstem Zusammenhang mit der mechanischen Ausbildung der Verstelleinrichtung stehen, da nicht nur der maximale Walzendruck, sondern vor allem auch die Verstellgeschwindigkeit und damit das gewählte Übersetzungsverhältnis zwischen Verstellmotor und Verstellspindel für die Leistung maßgebend ist.

Durch Druckknopfbetätigung in Tippschaltung kann die vordere Walze durch die Verstellmotoren in ihrer Lage gegen die zweite festliegende Walze selbsttätig ver-

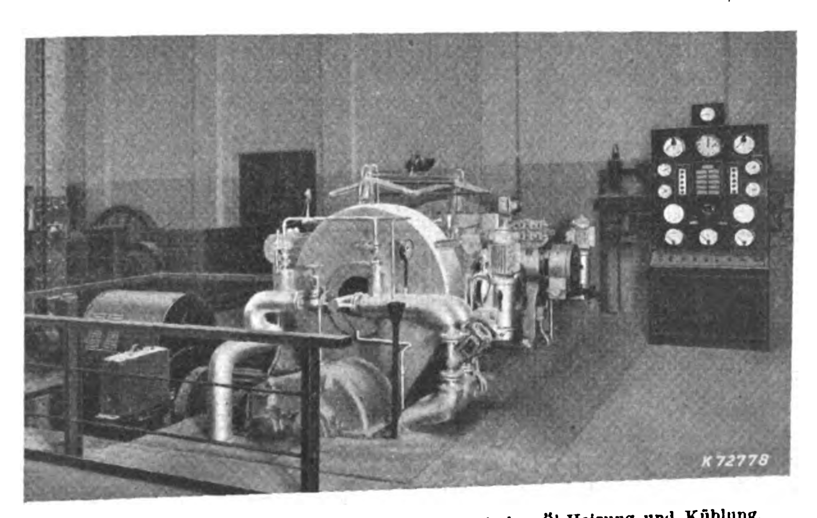


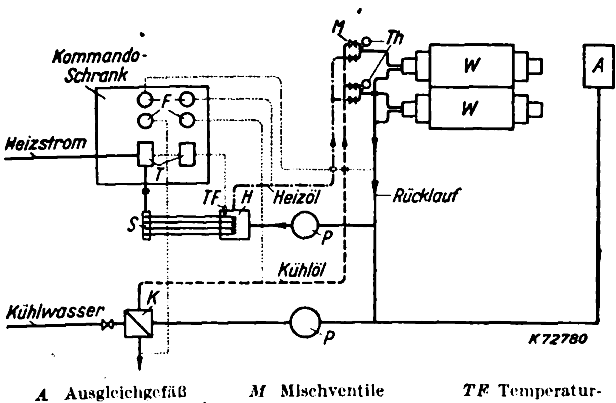
Bild 1. Zweimotoren-Kunststoffwalzwerk mit elektrischer Öl-Heizung und Kühlung.

ändert werden, so daß unter Anwendung einer verhältnismäßig großen Untersetzung eine Einstellgenauigkeit von $^1/_{10}$ mm Spaltbreite und feiner erreichbar ist. Die Bedienungsknöpfe hierfür sind in greifbarer Nähe für den Bedienungsmann angeordnet. Da die Bedienungsweise des Walzwerkes für den Bedienenden die Gefahr einer Verletzung durch Hineinziehen der Hände in den schmalen Walzenspalt birgt, mußte auch eine Gefahrenschaltung vorgesehen werden. Bei Betätigen eines hierfür vorgesehenen Druckknopfes bzw. des mechanischen Gestänges über den Walzen erfolgt sofortige Abschaltung der Hauptmotoren vom Netz, wobei kräftige mechanische Bremsen durch Bremslüfter zum Einfallen gebracht werden, so daß sich das Walzwerk innerhalb kürzester Zeit stillsetzt. Gleichzeitig werden durch die sich selbsttätig im Gefahrenmoment einschaltenden Walzenverstellmotoren die Walzen auf ihren größtmöglichen Spalt auseinandergefahren, so daß eingeklemmte Gliedmaßen befreit werden können; eine Schaltung, die patentiert ist.

Da bei den neuartigen Werkstoffen die beim Verwalzen unter Friktion auftretenden Drücke nicht bekannt sind, jedoch für die weitere Entwicklung und für die Zusammensetzung des Materials von Interesse sind — auch mit Rücksicht auf Bruchgefahr ist ihre Kenntnis von Wichtigkeit —, wurden Druckdosen in die Walzenständer eingebaut, die an im Kommandoschrank eingebauten Meßinstrumenten die jeweiligen beim Arbeitsprozeß auftretenden Drücke abzulesen gestatten. Diese können sich in den Grenzen zwischen 20 bis 200 t je Spindel bewegen. Um die Bruchgefahr auszuschalten, ist bei Erreichen des höchstzulässigen Druckes für die Walzen eine selbsttätige Abschaltung des Hauptantriebes vorgesehen.

Elektrische Ölheizanlage

Eine wesentliche Voraussetzung für die Verarbeitung der Kunststoffe ist die Erzielung geeigneter Walzenoberflächen-Temperaturen, die sich im vorliegenden Falle in den Grenzen zwischen 40 und 180 °C bewegen können. Hierfür wurde nach eingehenden Untersuchungen der gegebenen Möglichkeiten eine indirekte Beheizung der Walzen durch einen flüssigen Wärmeträger vorgesehen. Heißdampf eignet sich nicht zur Beheizung von Walzwerken infolge schlechten Wärmeüberganges, auch steht vielfach der für die angegebenen Temperaturen erforderliche Hochdruckdampf für diese Zwecke in den Arbeitsräumen nicht zur Verfügung, wobei auch seine Anwendung und Einführung in die umlaufenden Walzwerksteile durch Manschetten Schwierigkeiten bereitet und ein gewisses Gefahrenmoment darstellt. Auch ist bei Dampfheizung die notwendige Regelbarkeit nicht gut zu erreichen, besonders wenn zur Abführung der Wärme Kühlwasser erforderlich wird. Bei Umstellung der Dampfheizung auf Kühlung entsteht dabei plötzlich ein großes



A	Ausgleichgefäß	*M*	Mischventile	*TF*	Temperaturfühler
F	Fernthermometer	*P*	Pumpen		
H	Heizgefäß	*S*	Schaltwalze	*Th*	Thermometer
K	Kühlgefäß	*T*	Temperaturregler	*W*	Walzen

Bild 2. Rohrleitungsschema für die Heiz- und Kühlanlage.

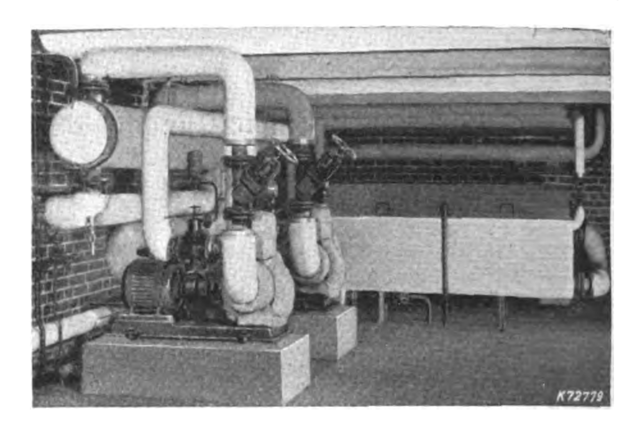


Bild 3. Elektrische Heiz- und Kühlanlage mit Zahnrad-Umwälzpumpen für ein Kunststoffwalzwerk.

Temperaturgefälle, was Spannungen in den Walzenkörpern verursacht, die oft zu Rissebildungen und zum Bruch der Walzen Veranlassung geben. Die ausgeführte Elektro-Ölheizanlage vermeidet die vorerwähnten Nachteile und gestattet sowohl reines Heizen als auch reines Kühlen; ebenso wird durch Mischen von Heiz- und Kühlöl jede beliebige Zwischentemperatur des Heizmediums und damit der Walzenoberflächen erreichbar. Die Regelung wird bei der beschriebenen Anlage von Hand durchgeführt, könnte aber auch in anderen Fällen auf selbsttätige Regelung abgestellt werden.

Bild 2 stellt das Rohrleitungsschema für die Heizanlage dar, während Bild 3 ihre praktische Ausführung zeigt. Die Heizung des Öles geschieht im Elektrowärmer *H*, einem wärmeisolierten Behälter, in dem das Öl durch eine große Anzahl von Heizpatronen auf maximal 200 °C erhitzt wird. Durch eine fernbetätigte Schaltwalze *S* können Heizelemente zu- und abgeschaltet werden, wodurch über einen Temperaturfühler *TF* und eine entsprechende Schalteinrichtung die Konstanthaltung der Öltemperatur in diesem Gefäß gewährleistet ist. Die Kühlung des Öles wird in einem zweiten Behälter *K* vorgenommen, wobei als Kühlelement getrennt herangeführtes Kühlwasser benutzt wird; auch hierfür ist eine Temperaturüberwachung eingebaut, um die Temperatur konstant zu halten. Vom Heiß- und Kaltölgefäß aus wird der Wärmeträger getrennt durch ein isoliertes Rohrleitungssystem den Walzen zugeführt, wobei kurz vor Eintritt in die Walzen durch Mischventile *M* (Bild 1 vorn) die Mischung erfolgt. Durch Thermometer *Th* wird die Heizwalzentemperatur bestimmt und nach Bedarf von Hand einreguliert. Falls erforderlich, kann diese Temperatureinstellung auch selbsttätig durch Oberflächenfühler, die über eine Relaiseinrichtung die Mischerventile betätigen, durchgeführt werden. Durch eine gemeinsame Rücklaufleitung kehrt der Wärmeträger wieder in den Heiz- und Kühlbehälter zurück. Die Umwälzung für diesen Kreislauf wird durch zwei Umwälzpumpen *P*, die je vor das Heiz- und Kühlgefäß geschaltet sind, erreicht. Sämtliche Leitungen sind zur Vermeidung von Verlusten weitgehend wärmeisoliert, wobei aus Sicherheitsgründen Umlauf- bzw. Ausgleichsleitungen *A* berücksichtigt wurden. Bei der Wahl des Wärmeträgers mußte besonderer Wert auf gleiche Konsistenz bei allen Temperaturen gelegt werden, weshalb man Spezial-Heizöl anwendete, eine Flüssigkeit, die allen Anforderungen genügt. Für die Umwälzpumpen kamen Zahnradpumpen zur Anwendung, die sich einwandfrei bewährt haben. Zum Erreichen der Heiztemperatur mußte eine Heizleistung von 60 kW mit Heizelementen von je 4 kW installiert werden. Zur Überwachung der gesamten Heizanlage werden die erforderlichen Ablese- und Bedienungsapparate ebenfalls auf dem Kommandoschrank übersichtlich zusammengefaßt, so daß durch die jederzeit mögliche Beobachtung ein einwandfreier Ablauf der Vorgänge gewährleistet ist.



Kommandoschrank

Die möglichst vielseitige Verwendung des Walzwerkes, d. h. Abwicklung von unterschiedlichen Mischungsprogrammen, war maßgeblich für die Anordnung einer elektrischen Programmanzeigevorrichtung im Kommandoschrank, die wesentlich zur Einhaltung der vorgeschriebenen Mischprogramme und außerdem zur Entlastung des Bedienungsmannes beiträgt. Diese Einrichtung besteht in einer vor Arbeitsbeginn dem jeweiligen Programm entsprechend einstellbaren Signalfeldeinteilung mit zehn beleuchteten Feldern, die je nach Einstellung in gewünschten Zeitabständen aufleuchten und dem Bedienungsmann durch die Beschriftung die einzelnen Arbeitsgangsbefehle angeben. Der Gesamtprogrammablauf kann in Grenzen zwischen 10 und 60 min einreguliert werden, wobei ein Zeiger durch einmaligen Umlauf den erfolgten Ablauf eines Programmes anzeigt. Während dieser Zeit leuchten die einzelnen Felder der auswechselbaren 10feldrigen Signalscheibe auf, und zwar in den vorher ebenfalls eingestellten Zeitabständen. Diese Einstellung erfolgt in einfacher Weise durch die mit 10teiliger Skala neben den Einzelfeldern befindlichen Einstellknöpfe. Auf diese Weise kann jeder überhaupt mögliche Zeitverlauf eines Mischprogrammes vor Mischbeginn festgelegt werden. Dem vor dem Walzwerk arbeitenden Bedienungsmann wird jeweils jeder Lichtfeldwechsel im Kommandoschrank durch eine direkt über dem Walzwerk befindliche Signallampe, die kurzzeitig aufleuchtet, angezeigt. Diese Einrichtung, die bereits bei vielen ähnlich arbeitenden Maschinen mit Erfolg angewendet wurde, erfüllt auch hier voll und ganz ihren Zweck. Gerade für die Verarbeitung neuartiger Stoffe bildet das Gerät eine wesentliche Hilfe.

Die vorstehende Anlage dürfte ein Musterbeispiel sein für die enge Zusammenarbeit zwischen dem Maschinenkonstrukteur und dem Antriebsfachmann, da nur hierdurch die Möglichkeit einer Berücksichtigung aller für die Praxis notwendigen Fragen gegeben ist. Auch die weitgehende Anwendung der elektrischen Energie kann als Erfolg dieser Zusammenarbeit gewertet werden, da erst durch gegenseitigen Gedankenaustausch die richtigen Wege zur Erstellung der Anlage aufgezeigt wurden.

Zusammenfassung

Die zunehmende Verwendung von Kunststoffen, besonders der plastischen Massen, als Austauschwerkstoffe macht die Umstellung der Bearbeitungsmaschinen, insbesondere der Walzwerke, auf diese Stoffe erforderlich. Insbesondere müssen Regelbarkeit der Antriebsmotoren und Einhaltung der durch den Werkstoff bedingten Arbeitstemperatur gewährleistet sein. Das Walzwerk ist mit regelbaren Motoren ausgerüstet, und zwar ist für jede Walze ein Motor vorgesehen, so daß innerhalb des durch die Motoren bedingten Regelbereiches jede Arbeitsgeschwindigkeit und jede gewünschte Friktion im Walzenspalt eingestellt werden kann.

Zentrale Fernschaltung von Beleuchtungsanlagen mit selbsttätiger Verriegelung der örtlichen Schaltstellen

Von F. Lucan VDE, Berlin

DK 628.972.7 : 621.3.067.9

Übersicht. Unter Anwendung schwachstromgesteuerter Fernschalter sind neue Wege für die Ausführung von Beleuchtungsanlagen beschritten worden. Ein Beispiel mit zentraler Fernschaltung einer bei einer Dienststelle der Luftwaffe ausgeführten Anlage wird beschrieben, wobei mehrere Stromverbraucher außer von den ihnen zugeordneten örtlichen Schaltstellen auch von einer zentralen Befehlsstelle geschaltet werden können.

Mit der Einführung der Schwachstromsteuerung in der Installationstechnik wurden für die Schaltmöglichkeiten von Beleuchtungsanlagen völlig neue Grundlagen geschaffen, die dazu geführt haben, daß bisher nicht oder nur mit erheblichem Aufwand ausführbare Schaltaufgaben nunmehr auf einfache Weise gelöst werden können:

1. die Fernein- und Fernausschaltung der Starkstromverbraucher über eine einzige Schwachstrom-Steuerleitung (mit gemeinsamer Rückleitung) durch selbsttätige Umkehr der Bewegungsrichtung mit Hilfe der im Umkehrfernschalter Bild 1 wirksamen magnetischen Weiche und
2. die Steuerung der Umkehrfernschalter[1]) durch Schwachstrom.

Auf diesen beiden Kennzeichen lassen sich, wie die Erfahrung gezeigt hat, einfache Schaltungen aufbauen, die praktisch jede nur denkbare Forderung hinsichtlich wünschenswerter Schalthandlungen zu erfüllen erlauben.

Ein Beispiel aus der Reihe dieser neuartigen Installationen ist Gegenstand dieses Aufsatzes und soll zeigen, wie weit und in welchen Richtungen die Forderungen bei Anwendung des Schwachstrom-Starkstrom-Fernschaltsystems (SSF-System) über normale Starkstrom-Installationsanlagen hinausgehen können.

[1]) F. Lucan, ETZ 59 (1938) S. 261.

Bei dem in Frage stehenden Ausführungsbeispiel wurde die Beleuchtungsanlage der Flure und Treppenhäuser eines ausgedehnten Gebäudekomplexes für zentrale Fernschaltung mit selbsttätiger Verriegelung der örtlichen Schaltstellen eingerichtet. Die Forderung, sowohl von örtlichen Bedienungsstellen als auch von einer Zentralstelle schalten zu können, leitet sich, wie dies bei derartigen größeren Gebäuden vielfach der Fall ist, aus der Notwendigkeit der Einstellung und Überwachung des Schaltzustandes der Beleuchtungsanlage ab. Der Wunsch nach einer selbsttätigen Verriegelung der örtlichen Schaltstellen entspringt der in der Praxis vorliegenden Aufgabe, daß unter gewissen Bedingungen eine Veränderung des zentral eingestellten Schaltzustandes ausgeschlossen sein muß. Für die Zusammenfassung der einzelnen, örtlich an beliebig vielen Stellen schaltbaren Beleuchtungskreise ist außerdem vielfach volle Freizügigkeit in der Weise erforderlich, daß es möglich sein muß, mehrere örtlich unabhängig voneinander je für sich schaltbare Beleuchtungsstromkreise von einem gemeinsamen Befehlsgeber in der Zentralstelle unabhängig von dem örtlich eingestellten Schaltzustand gemeinschaftlich zu schalten.



Bild 1. Ansicht des Umkehrfernschalters.

Zur Vermittlung eines Überblicks über die vorliegende Aufgabe werden im folgenden die Schalthandlungen aufgezählt,

welche in der in Frage stehenden Anlage ausgeführt werden können:

1. Die einzelnen Beleuchtungskreise der Flure und Treppenhäuser können an den örtlichen, in beliebiger Anzahl (die Taster sind untereinander parallel geschaltet) angeordneten Schaltstellen durch Schwachstromtaster (geräuschlos) ein- und ausgeschaltet werden,
2. die einzelnen Flure und Treppenhäuser sind in bestimmten zusammengehörigen Gruppen unabhängig von dem Schaltzustand der einzelnen örtlich geschalteten Beleuchtungskreise von einer Zentralstelle fernein- und fernausschaltbar,
3. bei zentraler Ferneinschaltung wird eine selbsttätige Verriegelung der zugehörigen örtlichen Schaltstellen bewirkt, so daß in diesem Schaltzustand eine Ausschaltung von den örtlichen Tastern nicht möglich ist,
4. bei zentraler Fernausschaltung wird die Verriegelung zentral eingeschalteter Gruppen selbsttätig wieder aufgehoben,
5. der Schaltzustand der Flure und Treppenhäuser wird in der Zentralstelle durch Schwachstrom-Rückmeldung angezeigt,
6. in der zentralen Befehlsstelle kann außer von den Befehlsgebern für die einzelnen Gruppen von einem einzigen weiteren Taster (Alarmtaster) der Befehl zur Ferneinschaltung und selbsttätigen Verriegelung sämtlicher Beleuchtungskreise der Flure und Treppenhäuser durchgeführt werden,
7. beim Ansprechen der in der Anlage außerdem vorhandenen Feuermeldeanlage werden die Beleuchtungskreise sämtlicher Flure und Treppenhäuser selbsttätig ferneingeschaltet und in dieser Schaltstellung verriegelt.

Trotz des verhältnismäßig großen Umfanges der vorstehend aufgeführten Möglichkeiten sind die Mittel zur praktischen Durchführung außerordentlich einfach. Starkstromseitig sind die Beleuchtungskreise auf dem kürzesten Wege ohne Rücksicht auf die Schaltstellen an den jeweils in den einzelnen Stockwerken angeordnetem, in STAB-Verteilungen in der Wand eingebauten Umkehrfernschalter angeschlossen. Zu den untereinander parallelgeschalteten örtlichen Bedienungstastern führt je ein Schwachstromdraht mit einer gemeinsamen Schwachstromrückleitung. Bei der Fernschaltung der Flure und Treppenhäuser nach dem SSF-System werden nur Starkstromleitungen $2 \times 1\,mm^2$ Cu oder leitwertgleiche Al-Querschnitte und $2 \times 0{,}5\,mm^2$ Cu-Schwachstrom-Leitungen benötigt.

Es ist von ausschlaggebender Bedeutung, daß sich die Einrichtungen für die geschilderten besonderen Aufgaben der Anlage nicht auf der Starkstrom-, sondern ausnahmslos auf der Schwachstromseite befinden und daher, wie aus der folgenden näheren Beschreibung hervorgeht, nur einen entsprechend geringen Aufwand erfordern.

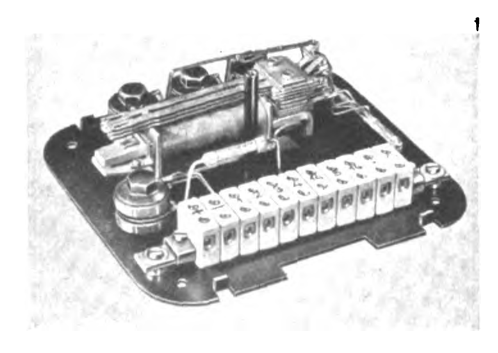
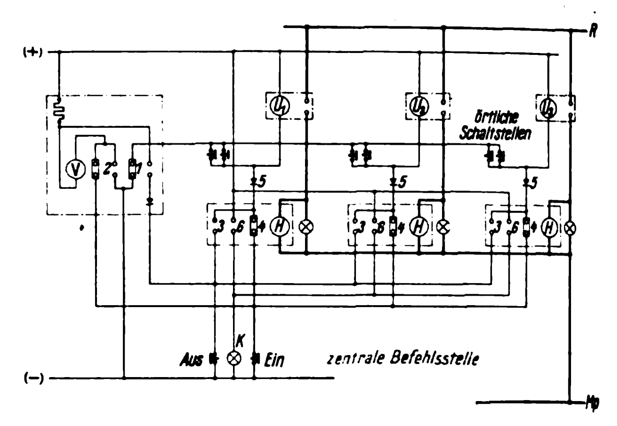


Bild 2. Verriegelungsgerät für zentrale Fernschaltung.



Arbeitskontakt Ruhekontakt Schwachstromtaster
Ⓤ Umkehrfernschalter Ⓥ Verriegelungsgerät
Ⓗ Hilfsrelais K Meldelampe

Bild 3. Stromlauf-Schaltplan für zentrale Fernschaltung mit selbsttätiger Verriegelung der örtlichen Schaltstellen.

Für die Schalthandlungen in dem beschriebenen Umfang ist ein kleines Schwachstrom-Zusatzgerät erforderlich, das in Bild 2 dargestellte Verriegelungsgerät. Es besteht aus einem Flachrelais und vier kleinen Sperrventilen. Die Wirkungsweise im Rahmen der vorliegenden Anlage ist aus Bild 3 erkennbar. Beim Drücken des „Ein"-Tasters in der zentralen Bedienungsstelle spricht das Relais V des Verriegelungsgerätes an und unterbricht am Kontakt *1* die Schwachstrom-Steuerspannung zu den örtlichen Bedienungsstellen. Dadurch ist es ausgeschlossen, an dem Schaltzustand der betreffenden Lampengruppe örtlich etwas zu ändern. Das Relais V hält sich über den Selbsthaltekontakt *2* so lange fest, bis durch Drücken des „Aus"-Tasters in der zentralen Bedienungsstelle seine Magnetwicklung einen Augenblick kurzgeschlossen wird. Nach dem dadurch bewirkten Abfall des Relais V ist die Steuerspannung für die örtlichen Schaltstellen wieder eingeschaltet, d. h. es kann an den zugehörigen örtlichen Tastern wieder ein- und ausgeschaltet werden. Ein in der zentralen Befehlsstelle gegebener Steuerbefehl „Ein" beispielsweise wird aber außer dem Verriegelungsgerät, wie aus dem Schaltbild hervorgeht, auch den Magnetspulen der Umkehrfernschalter U zugeleitet, vorausgesetzt, daß die Schaltstellung „Ein" nicht schon etwa örtlich eingestellt wurde. Die gemäß Vorstehendem wichtige sinngemäße Zuführung der zentralen Schaltbefehle wird durch die Kontakte *3* und *4* der Hilfsrelais H sichergestellt, die jeweils nur bei ausgeschaltetem Starkstromverbraucher den Steuerpfad für das Ein-Kommando freigeben und umgekehrt. Durch die in das Verriegelungsgerät eingebauten Sperrventile *5* ist es möglich, mehrere Umkehrfernschalter in einem gemeinsamen zentralen Befehlsgeber zusammenzufassen, und zwar auf folgende Weise: Bei einem von der zentralen Befehlsstelle ausgehenden Steuerkommando kann der Strom ungehindert zu den Magnetspulen der Umkehrfernschalter gelangen. Wird aber ein Taster an einer örtlichen Schaltstelle gedrückt, so erreicht der Steuerbefehl nur den zu diesem Taster gehörigen Umkehrfernschalter, während der Weg zu den übrigen Umkehrfernschaltern der betreffenden Gruppe durch die Sperrventile *5* versperrt ist. Die Kennzeichnung der Schaltstellung geschieht über die Kontakte *6* des Hilfsrelais H durch die in der zentralen Befehlsstelle vorgesehene Schwachstrom-Meldelampe K.

Der Schaltplan (Bild 3) zeigt, daß als Schwachstrom-Verbindungen zwischen den Umkehrfernschaltern und den örtlichen Tastern bzw. der zentralen Befehlsstelle nur eine geringe Anzahl von Leitungen notwendig wird, die zudem als Schwachstromleitungen hinsichtlich Kosten-, Raum- und Werkstoffaufwand besondere Vorteile bieten.



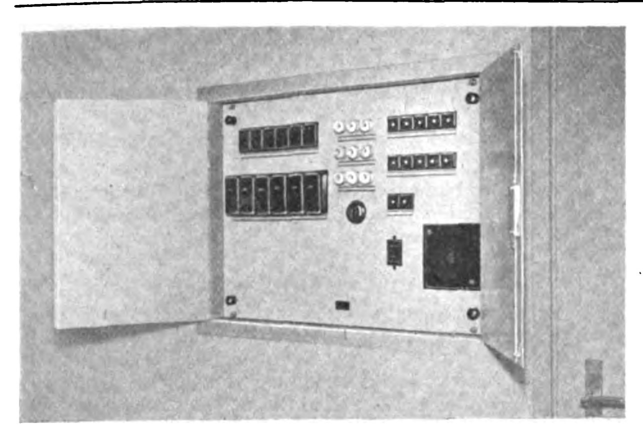


Bild 4. STAB-Verteilung mit SSF-Geräten für zentrale Fernschaltung und selbsttätiger Verriegelung.

Die für die zentrale Fernsteuerung notwendigen Umkehrfernschalter, Verriegelungsgeräte und Hilfsrelais sind mit der gemeinsamen Schwachstromquelle (Kleintransformator und Gleichrichter) sowie den Kleinselbstschaltern, Sicherungen und Anschlußklemmen in versenkten STAB-Verteilungen, Bild 4, eingebaut. Die Montage der Installationsanlage beschränkt sich auf den Anschluß der Starkstrom- und Schwachstromleitungen an den entsprechenden, in den Verteilungen vorgesehenen Klemmen.

Die in der zentralen Befehlsstelle angeordnete Befehlstafel (Bild 5) läßt die Einfachheit, Übersichtlichkeit und die geringen Abmessungen dieser die gesamte Flur- und Treppenbeleuchtung eines ausgedehnten Gebäudekomplexes in der beschriebenen Weise beherrschenden Einrichtung deutlich erkennen.

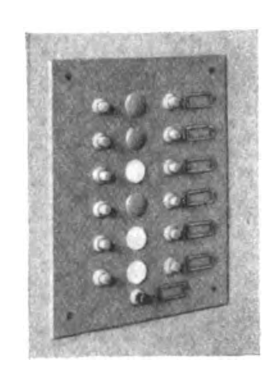


Bild 5. Befehlstafel in der zentralen Bedienungsstelle.

Gegenüber der normalen Starkstrominstallation mit Wechsel- und Kreuzschaltern ohne zentrale Schaltmöglichkeit, Verriegelung usw. sind die Kosten für Anlagen der beschriebenen Art trotz des erweiterten Umfanges der Schalthandlungen nur unwesentlich höher.

Ein weiterer Vorteil ergab sich im vorliegenden Fall dadurch, daß die Feuermeldeanlage mit der Flur- und Treppenbeleuchtung durch zwei Schwachstromdrähte zwischen dem Feuermelderelais und dem Alarmtaster verbunden wurde und damit Richtlampen selbsttätig eingeschaltet werden. Der hierdurch eingesparte Kosten- und Werkstoffaufwand ist, wie ohne weiteres zu erkennen, von beträchtlichem Umfang und überwiegt bei weitem die Kosten der Geräte für die zentrale Fernschaltung und die selbsttätige Verriegelung.

Zusammenfassung

Durch die Verlegung der elektrischen Steuervorgänge auf die Schwachstromseite bietet das SSF-System die Möglichkeit, auch Installationsanlagen für vielseitige Schalthandlungen mit einfachen Mitteln zu erstellen, und dabei trotz höherer technischer Vollkommenheit Kosten, Arbeitskraft und Werkstoff einzusparen. Die Mittel sind einfach und wirtschaftlich, weil die Schwachstrom-Steuergeräte und -Leitungen gegenüber solchen für Starkstrom nur einen Bruchteil des Aufwandes erfordern.

Regeln für elektrische Maschinen

VDE-Ausschuß für Maschinen

DK 621.313(083.133.3)

VDE 0530

Entwurf 1

Einspruchsfrist: 19. April 1941

Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr

3. Änderung der ab 1. Januar 1930 gültigen Fassung[1])

§ 2

Gültigkeit

Es wird ein neuer 2. Absatz mit folgendem Wortlaut hinzugefügt:

„Für Kleinstmotoren in Haushaltgeräten und Elektrowerkzeugen gilt außer diesen Regeln VDE 0735 „Vorschriften für Geräte mit Kleinstmotoren und Elektrowerkzeuge"[2]), soweit dort abweichende Bestimmungen von VDE 0530 getroffen sind."

§ 7

Spannung und Strom

Die Begriffe „Läuferspannung" und „Läuferstrom" werden geändert in „Läufer-Stillstands-Spannung" und „Läufernennstrom".

§ 9

Spannungen

In Tafel I werden die Nennspannungen 600 und 1200 V für Bahngeneratoren in der senkrechten Spalte 4 in 650 und 1300 V geändert.

[1]) Genehmigt durch .....

[2]) Entwurf 1 in ETZ 60 (1939) S. 1183. Schlußfassung erscheint demnächst.

§ 16

Erregung

Der Text unter Ziffer 1 erhält folgenden Wortlaut:

„1. Selbsterregung: Erregung einer Maschine durch einen von ihr selbst erzeugten Strom oder aus dem Netz, an das ihr Anker angeschlossen ist."

§ 19a

Betriebsarten

Unter Ziffer 5 wird am Schlusse des kleingedruckten Textes folgender Zusatz aufgenommen:

„Eine Sonderform des Dauerbetriebes mit aussetzender Belastung (DAB) ist bei Schweißgeneratoren und -umformern der Handschweißbetrieb (HSB), bei dem eine Kurzschlußzeit, eine Belastungszeit und eine Leerlaufpause miteinander abwechseln. Einzelheiten siehe § 4 von VDE 0540/XII. 40.

§ 27 B

Hochfrequenzentstörung

Bezüglich der Hochfrequenzentstörung gilt VDE 0875/XII. 40 „Regeln für die Hochfrequenzentstörung von elektrischen Maschinen und Geräten für Nennleistungen bis 500 W".

§ 37 A

Isolierstoffe

Die im Elektromaschinenbau verwendeten Isolierstoffe müssen den einschlägigen VDE-Bestimmungen für Isolierstoffe, soweit solche aufgestellt sind, entsprechen.

§ 38

Wärmebeständigkeit der Isolierstoffe

Der bisherige Wortlaut in Tafel III, Klasse A, wird wie folgt ergänzt:

„Baumwolle, Zellwolle, Seide, Kunstseide, Papier und ähnliche Faserstoffe.“

Außerdem erhält unter Klasse B die waagerechte Spalte „Lackdraht“ folgenden Wortlaut:

„Lackdraht, wärmebeständige Kunststoff-Folien (z. B. Triazetatfolie) nach VDE .....*).“

Zwischen Klasse B und C wird ferner eine neue Klasse B_H[3]) eingeschoben mit folgendem Wortlaut:

„Glimmer-, Asbest-, Glasfasererzeugnisse und ähnliche mineralische Stoffe.“

Dahinter folgt in der senkrechten Spalte III „Behandlung“ folgender Text:

„mit Bindemitteln und anderen organischen Bestandteilen von höchstens 30 %.“

§ 39

Grenzwerte der Erwärmung

In Tafel IVa wird eine neue senkrechte Spalte IV zwischen die bisherigen Spalten III und IV eingefügt mit folgenden Angaben:

	I	IV
	Wicklungen mit Isolierung nach Klasse	B_H
1	Alle Wicklungen mit Ausnahme von 2	95°
2	Einlagige Feldwicklungen allgemein, ebenso in Volltrommelläufern zweilagige Feldwicklungen	95°

§ 45

Anlauf

Nach dem 1. Absatz wird folgender neuer Absatz eingeschoben:

„Wird bei Kurzschlußläufermotoren das Anlaufmoment bei verminderter Spannung gemessen, so ist es auf volle Spannung quadratisch umzurechnen. Der wirkliche Wert liegt dann über dem Umrechnungswert.“

§ 50

Wicklungsprüfung

Statt „Wicklungsprobe“ ist überall „Wicklungsprüfung“ zu setzen.

Im 4. Absatz erhält der 1. Satz folgende Fassung:

„Bei Vornahme der Prüfung mit einer Prüfspannung über 2000 V dürfen höchstens 50 % der Prüfspannung durch Einschalten mittels Schalter auf den Prüfling gegeben werden.“

Nach dem 4. Absatz wird ein neuer 5. Absatz mit folgendem Wortlaut eingeschoben:

„Ist die Prüfspannung 2000 V oder kleiner, dann kann diese auch mittels Prüfspitzen einige Sekunden lang auf den Prüfling gegeben werden.“

Es folgt nun der bisherige Absatz: „Wird die Prüfzeit über eine Minute ausgedehnt, so soll die Prüfspannung herabgesetzt werden.“

Hiernach wird ein neuer Absatz mit folgendem Wortlaut eingeschoben:

„Für die Prüfspannung von Kleinstmotoren in Haushaltgeräten und Elektrowerkzeugen gelten die Prüfspannungen nach VDE 0735[4]).“

Im letzten Absatz, der mit den Worten beginnt: „In Tafel V bedeutet *U* ...“, ändert sich unter Ziffer 3 der Text „bei Asynchronmotoren mit hoher Läuferdrehzahl zum Antrieb von Kranen die 2,5-fache Läuferspannung“ folgendermaßen:

„... bei Asynchronmotoren mit hoher Schleuderdrehzahl, z. B. zum Antrieb von Hebezeugen, die 2,5-fache Läuferspannung.“

§ 51

Sprungwellenprobe

wird gestrichen und bleibt frei.

*) Die Aufstellung einer entsprechenden VDE-Bestimmung ist beabsichtigt.
[3]) Siehe ETZ 58 (1937) S. 1069.
[4]) Siehe Fußnote 2.

§ 52

Windungsprüfung

Das Wort „Windungsprobe“ wird überall durch „Windungsprüfung“ ersetzt.

Am Schluß wird ein neuer Absatz mit folgendem Wortlaut angefügt:

„Bei Gleichstrom-Maschinen darf die Windungsprüfung mit der 1,3-fachen Spannung bei abgehobenen Bürsten durchgeführt werden.“

§ 69

Erregungsfähigkeit

Jeder Generator muß bei den Nennwerten von Drehzahl und Leistungsfaktor und bei 25 % Stromüberlastung im betriebswarmen Zustand noch mit Nennspannung an den Klemmen betrieben werden können. Wenn er von einem Netz gleichbleibender Spannung aus erregt wird, darf daher die Feldwicklung bei dieser Überlast keine höhere Spannung benötigen als diese Netzspannung. Bei Eigenerregung muß die Erregermaschine die für die Überlastung erforderliche Spannung liefern können.

§ 79

Schleuderprüfung

Das Wort „Schleuderprobe“ wird überall durch „Schleuderprüfung“ ersetzt.

Zu den waagerechten Spalten 5, 6 und 7 der Tafel X wird eine Anmerkung mit folgendem Wortlaut hinzugefügt:

„Sind auf dem Leistungsschild höhere betriebsmäßig zulässige Drehzahlen vermerkt (siehe § 82, Zu 6.), dann sind zur Berechnung der Schleuderdrehzahl die in der senkrechten Spalte II angegebenen Faktoren mit diesen Höchstdrehzahlen zu vervielfachen.“

§ 81

Leistungsschild

Der Text unter a), Ziffer 2, wird wie folgt geändert:

„Fertigungs- oder Reihen-Nummer“.

§ 82

Bemerkungen zu den Leistungsschildangaben

Der zweite Absatz unter „Zu 6.“ wird wie folgt geändert:

„Der Pfeil mit Spitze nach links (←), jedoch ohne davor gesetztes „nur“, ist bei Drehstrom-Maschinen mit Klemmenfolge UVW für Linkslauf anzuwenden (s. § 76).“

Der letzte Absatz unter „Zu 6.“ erhält folgende Fassung:

„Bei Generatoren mit Wasserturbinen-Antrieb, bei Motoren mit Reihenschlußverhalten und bei solchen Motoren, die betriebsmäßig auf höhere Drehzahlen als die Nenndrehzahl angetrieben werden können (z. B. Hebezeug-Motoren), ist außer der Nenndrehzahl die höchstzulässige Drehzahl, in Klammern gesetzt, anzugeben, z. B. 1000 (1800).“

§ 87

Zulässige Abweichungen

In Tafel XIII wird in der waagerechten Spalte 15 die zulässige Abweichung des Anlaufmomentes von Motoren auf ± 20 % des Sollwertes erhöht.

Umstell-Vorschriften für elektrische Maschinen

VDE-Ausschuß für Maschinen

VDE 0530 U

Entwurf

Einspruchsfrist: 19. April 1941

Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr

1. Änderung zu VDE 0530 U/I. 40[1])

DK 621.313(083.133.3)

§ 39

Grenzwerte der Erwärmung

Die mit zwei Sternen gekennzeichnete Fußnote in der Tafel IVa ändert sich wie folgt:

„**) Die in den waagerechten Spalten 1, 2 und 3 angegebenen Werte der Grenzerwärmung gelten nicht für Maschinen mit Lackdrahtwicklungen oder mit Wicklungen, die mit Kunststoff-Folien isoliert sind. Für diese gelten die in VDE 0530/XII. 37, Tafel IVa, angegebenen Werte.“

[1]) Genehmigt durch ....



RUNDSCHAU

Elektrische Maschinen

DK 621.313.322

Betriebserfahrungen mit Turbogeneratoren für 36 kV. [Nach W. D. Horsley, J. Instn. electr. Engrs. 86 (1940) S. 345; 11 S., 8 B. Disk. 12 S., 4 B.]

Generatoren, die unmittelbar auf 30 kV-Netze speisen, müssen mehrere Leiter je Nut erhalten. Es werden Betriebserfahrungen mitgeteilt über die Maschinen einer Bauweise, bei der diese Leiter konzentrisch ineinander liegen. Man schaltet etwa, wenn drei Leiter je Nut erforderlich sind, vom Sternpunkt beginnend zunächst alle äußeren Leiter, dann die mittleren und schließlich die inneren Leiter in Reihe[1]). Entsprechend ihrem hohen Potential gegen Erde sind also auch die inneren Leiter am stärksten isoliert. Der erste Generator dieser Bauweise für 31 500 kVA, 33/36 kV, 3000 U/min wurde 1928 in Betrieb genommen. Seitdem sind 34 solcher Maschinen bestellt worden, von denen bisher 21 in Betrieb sind. An vier Maschinen traten größere Isolationsschäden auf. Die zunächst einige Male auftretenden Durchschläge der Stabisolation können durch sorgfältige Herstellung und Prüfung der Stäbe vor dem Einbau mit Verlustwinkelmessungen praktisch vermieden werden. Schwieriger ist die Isolation der Wickelköpfe, insbesondere der Kriechwege zwischen den drei Leitern einer Nut. Wenn auch die Spannung zwischen ihnen nur $^1/_3$ der Phasenspannung, nämlich 6,5 kV beträgt, so bedingt doch diese Spannung sorgfältige Auswahl und Herstellung der verwendeten Isolierteile. Hier wird Glasseide organischen Werkstoffen gegenüber bevorzugt. Da an den Wickelköpfen in einigen Fällen Fehler aufgetreten sind, hat die Herstellerfirma 1939 zum Tränken der Wickelköpfe einen Vakuumkessel in Betrieb genommen, der bis 130 t schwere Ständer aufnehmen kann. In einem Fall sind Isolatoren, die Umleitungen in der Maschine trugen, durch Salzwasser aus undichten Luftkühlern verschmutzt worden. Häufig werden die Isolationsschäden ausgelöst durch Nullpunktsschwingungen im Leerlauf des Generators, die infolge der Kapazität der Maschine und der Induktivität des gesättigten Spannungswandlers entstehen. Hierbei können an den Wicklungen Spannungen von 70 bis 100 kV gegen Erde auftreten. Die Schäden, über die berichtet wird, werden als Entwicklungsschwierigkeiten bezeichnet. Der gute Lauf der anderen Generatoren soll die Richtigkeit des Konstruktionsprinzips bestätigt haben. *Pz.*

Geräte und Stromrichter

DK 621.314.65

Die Rückzündungswahrscheinlichkeit in Quecksilberdampf bei hoher Spannung. [Nach W. L. Granowsky, Bull. W.E.I., Moskau (1940) Nr. 3, S. 1; 7 S., 9 B.]

Rückzündungen können ihrer Entstehung nach in zwei Gruppen eingeteilt werden; zur ersten gehören die Rückzündungen, die nicht durch die allgemeinen physikalischen Verhältnisse im Stromrichter bedingt, sondern mehr zufälliger Art sind (Loslösung eines Teilchens von der Anode, Herausdiffundieren eines Gasquantums aus der Anode). Bei der zweiten Gruppe spielt auch der Zufall mit, es lassen sich aber Zusammenhänge zwischen den Zustandsgrößen im Stromrichter und der Rückzündungswahrscheinlichkeit feststellen. So kann ein Stromrichter bei einem höheren Dampfdruck noch einige Zeit arbeiten, obwohl schon bei geringerem Druck Rückzündungen auftreten. In längeren Zeiträumen werden jedoch Rückzündungen bei hohem Dampfdruck öfter vorkommen als bei niederem, d. h. die Rückzündungswahrscheinlichkeit ist im ersten Falle größer.

Der Aufsatz enthält Ergebnisse von Messungen, die im Elektrotechnischen Institut der Sowjetunion ausgeführt wurden, um die Abhängigkeit der Rückzündungswahrscheinlichkeit von der zu sperrenden Spannung, Rückstrom, Dampfdruck und dem Abstand zwischen der Anode und der im Gefäß brennenden Hilfsentladung zu untersuchen. Als Maß dafür wurde die Zahl der Rückzündungen in der Zeiteinheit gewählt; die für die Entstehung der Rückzündungen äußerst wichtige Restionisation im Raume vor der Anode[2]) blieb hingegen unberücksichtigt. Man benutzte hierzu die in Bild 1 schematisch dargestellte Röhre. Zwischen den Hilfselektroden *H* sowie dem Gitter *G* und der Kathode *K* brannten Gleichstromlichtbögen. Die Anode *A* war negativ gegen die Kathode, entsprechend den Verhältnissen in der Sperrzeit des Stromrichters. Parallel zur Strecke Anode—Kathode lagen Kondensatoren, die von einer Gleichstromquelle über einen hohen Widerstand aufgeladen wurden. Bei einer Rückzündung entluden sich die Kondensatoren, worauf der Lichtbogen erlosch und das Spiel von Neuem begann. Es waren Maßnahmen getroffen, damit die Rückzündungen nur an der Stirnfläche der Anode ansetzen konnten. Die Anode wurde nach Bedarf von innen durch eine Heizspirale erwärmt. Der Dampfdruck konnte durch ein Wasserbad, in das die Kathode eintauchte, geregelt werden. Der Abstand der Anode von der Entladung im Gefäß wurde durch Verschieben des Gitters eingestellt. Zur Registrierung der Rückzündungen diente eine selbsttätige Schreibvorrichtung. Die aus Graphit hergestellte Anode wurde vor dem Einbau mit einem Brenner in Luft oder mittels eines Hochfrequenzofens im Vakuum geglüht; nach dem Einbau wurde die Röhre von außen geheizt und einige Tage unter Strom entgast, worauf sich noch eine Reinigung durch Ionenbeschuß bei langsam gesteigerter Spannung anschloß. Während der Versuche blieb die Röhre an der Pumpe. Bei jedem Versuch wurde stets nur eine der Zustandsgrößen geändert und, nachdem sich der Endzustand eingestellt hatte, mindestens eine Stunde beobachtet.

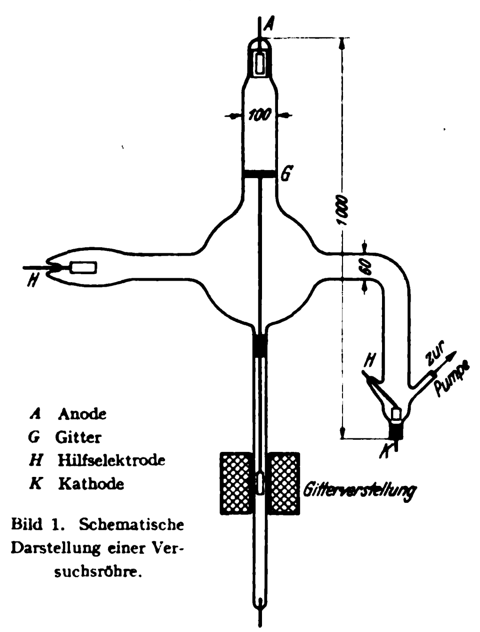


Bild 1. Schematische Darstellung einer Versuchsröhre.

Obwohl die Zahl der beobachteten Rückzündungen jedesmal einige Zehn bis einige Tausend betrug, streuten die Ergebnisse beim Wiederholen der Versuche merklich, so daß für jeden Meßpunkt mehrere Versuche vorgenommen wurden, aus denen man den Mittelwert zog. Die so erhaltenen Ergebnisse sind in einer Reihe von Schaubildern dargestellt. Bei einem Dampfdruck von $1{,}8 \cdot 10^{-3}$ Torr, einer Rückstromdichte von 0,06 mA/cm² und einem Abstand Anode—Gitter von 10 cm betrug die Rückzündungswahrscheinlichkeit 0,3 je min bei 32 kV und 0,9 bei 57 kV. Die Abhängigkeit von der Stärke der Hilfsentladung war erheblich. Mit dem Rückstrom stieg die Rückzündungswahrscheinlichkeit proportional an. In Abhängigkeit von der Dampfdichte (Kathodentemperatur) wurde zuerst langsames, dann oberhalb von $1{,}5 \cdot 10^{-3}$ Torr ein rasches Ansteigen festgestellt. Ähnlich verliefen die Rückzündungen beim Abstand Anode—Gitter: unter 10 cm Abstand waren sie gering und nahmen bei höheren Abständen stark zu. Erschwert wurden die Beobachtungen durch das Zunehmen der Rückzündungswahrscheinlichkeit mit der Einschaltdauer, das bei älteren Anoden und Röhren auftrat. Verschiedentlich wurden bei hohen Dampfdrucken Glimmentladungen beobachtet, die von der Anode ausgingen und längere Zeit stabil blieben; bei geringen Drucken gingen sie sofort in Lichtbogenentladungen über. *J. S.*

[1]) Elektrotechn. u. Masch.-Bau 54 (1936) S. 594.
[2]) ETZ 61 (1940) S. 861.

Lichttechnik

DK 628.974.6

Beleuchtung der New Yorker Weltausstellung 1939. [Nach R. C. Engelken, Electr. Engng. 59 (1940) S. 179; 24 S., 69 B.]

Das Ausstellungsgelände umfaßte über 400 ha mit 200 Gebäuden, die größtenteils fensterlos ausgestattet wurden. Den Mittelpunkt bildet der Theme-Center, ein großer Kugelbau. Von diesem Gebäude aus gehen strahlenförmig Straßen, die ihrerseits durch Ringstraßen gekreuzt werden. Die ganze Anlage wurde farbig beleuchtet, wozu u. a. insbesondere neu entwickelte Quecksilber-Fluoreszenz-Lampen für Niederspannung und Quecksilber-Höchstdrucklampen benutzt wurden. Die Anleuchtung des Kugelbaues und seiner Fundamente geschah mit goldgelben, roten und blauen Lichtfarben von den Dächern der benachbarten Gebäude aus, auf denen eine Vielzahl von Reflektoren und Scheinwerfern aufgestellt waren. Für die Anleuchtung mit gelber und roter Lichtfarbe standen Spiegelreflektoren mit entsprechenden Filtern zur Verfügung, die mit je einer 5000 W-Glühlampe bestückt waren. Die blaue Farbwirkung dagegen erzielte man mit 400 W-Quecksilber-Höchstdrucklampen in Spezial-Reflektoren, die ihrerseits noch eine besondere blaue Abschlußscheibe erhielten. Der Kugelbau, der Mittelpunkt der Ausstellung, der die Weltkugel versinnbildlichte, wurde neben der vorwiegend grünblauen Anleuchtung besonders noch durch 30 Wolkenscheinwerfer, bestückt mit je einer 2500 W-Lampe, angeleuchtet. Der gesamte Anschlußwert der Außenbeleuchtung für diesen Bau betrug 383 kW. Innerhalb der Kugel befand sich als Hauptanziehungspunkt der Ausstellung, die Stadt der Zukunft, die der Beschauer von einem Umgang besichtigen konnte. Über der Stadt der Zukunft wölbte sich ein künstlicher Himmel, der tagsüber mit hellblauem, nachts mit dunkelblauem Licht angeleuchtet wurde. Eine Lichtquelle verkörperte die Sonne, während bei Nacht kleinere Lichtquellen die Sternbilder wiedergaben. Die Beleuchtung der Stadt, wie Häuser und Straßen, bei künstlicher Nacht erfolgte durch Fluoreszenzfarbe, die durch UV-Bestrahlung der Quecksilberdampflampen angeregt wurde. Gegen das Himmelsgewölbe projizierte man mit Hilfe von großen Bildwerfern laufende Bilder von etwa 6 bis 10 m². Jeder der Bildwerfer besaß eine 2500 W-Lampe mit 65 V Spannung. Den Mittelpunkt der Ausstellung verband ein Wassergraben, umgeben von Grünanlagen, mit dem sog. See der Nationen. Besonders die Grünanlagen wurden durch 250 W-Quecksilber-Höchstdrucklampen wirkungsvoll angeleuchtet. Ebenfalls wurde auch die fast 17 m hohe Washington-Statue beleuchtet, während am anderen Ende des Grabens vor dem See der Nationen offene Feuer brannten. Besondere Aufmerksamkeit wurde der Beleuchtung der Wasserspiele gewidmet, die im See angeordnet waren. Die Unterwasser-Leuchten waren sowohl mit 1500 W-Glühlampen als auch mit 400 W-Quecksilber-Höchstdrucklampen bestückt. Über jedem der Reflektoren kreiste eine Scheibe, unterteilt mit den verschiedenen Farben. Der Antrieb dieser Farbscheibe geschah durch einen dreiphasigen Synchronmotor für 208 V, 1/75 PS. Jede 1500 W-Lampe lieferte einen Lichtstrom von 37 500 lm, die 400 W-Quecksilber-Höchstdrucklampe einen Lichtstrom von 18 000 lm. Die Filter besaßen eine Absorption von etwa 65%. Die Steuerung der gesamten Anlage wurde von einem besonderen Kommandostand aus durchgeführt. *Stm.*

Verkehrstechnik

DK 629.113.62

Selbsttätiges Anfahren von Obussen. [Nach E. Holtgreve, Verkehrstechn. 22 (1940) S. 328; 3 S., 7 B.]

Der Aufsatz bringt eine Beschreibung der Arbeitsweise der selbsttätigen Anfahrsteuerungen für Obusse sowie Mitteilungen über Betriebserfahrungen. Die wichtigsten Merkmale der beschriebenen selbsttätigen Steuerung sind die leichte Bedienbarkeit und der einfache und übersichtliche Aufbau des Schaltgerätes. Die Ausrüstung gestattet wahlweise selbsttätiges Durchschalten über den ganzen Anfahrbereich mit ansteuerbarer Reihenstufe für etwa halbe Geschwindigkeit oder Ansteuern jeder einzelnen Anfahrstufe nach Belieben des Fahrers. Dabei wird der Höchstwert der Beschleunigung von einem Stromwächter überwacht. Durch Vermeiden empfindlicher Ausrüstungsteile (die Steuerung arbeitet ohne Relais) ist eine hohe Betriebssicherheit gewährleistet. Einzelheiten über den Aufbau des Schaltgerätes sowie über Schaltkontakte und Einbau der Schaltausrüstung in Obusse sind angegeben. Die Vorteile der selbsttätigen Steuerung gegenüber anderen Steuerungsarten werden erwähnt; diese sind in erster Linie: größte Einfachheit der Bedienung, stetiger Beschleunigungsverlauf, Schonung der Antriebsorgane, gute Anpassungsfähigkeit an die Reibungsverhältnisse, große Betriebssicherheit und geringe Unterhaltungskosten. Trotz Weiterverbreitung von feinstufigen Schaltgeräten behalten diese Vorteile der selbsttätigen Steuerung ihre Bedeutung, da inzwischen auch eine direkt betätigte elektrische Bremsung unter Beibehaltung der selbsttätigen Anfahrt entwickelt wurde. *eb.*

Fernmeldetechnik

DK 621.396.622.7

Theorie des Zweipolgleichrichters. [Nach H. Oplustil, Telegr.- u. Fernspr.-Techn. 29 (1940) S. 84; 8 S., 8 B.]

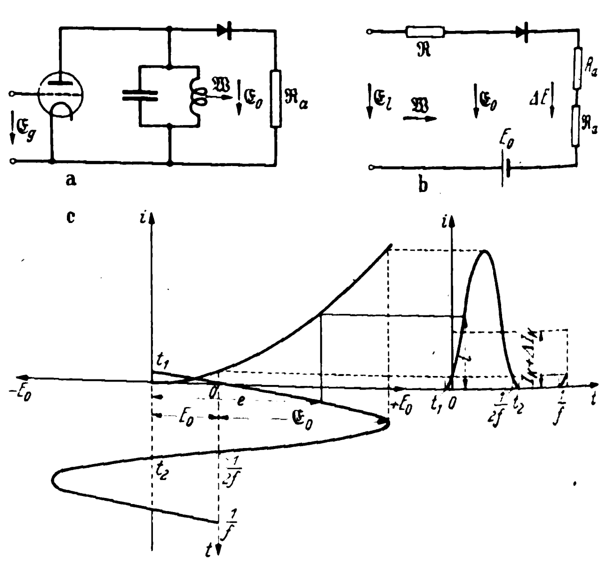
In der Arbeit wird die Richtkennlinie eines Gleichrichters, der dem Anodenkreis einer Verstärkerröhre quergeschaltet ist, wie Bild 2a zeigt, rechnerisch ermittelt. Dabei wird als Gleichrichterkennlinie die Raumladungskennlinie angenommen. Liegt am Eingang der Verstärkerröhre eine hochfrequente Wechselspannung $\mathfrak{E}_g$ der Frequenz f_h, die mit einer Modelfrequenz f_m gemodelt ist, so ist die am Gleichrichter zur Wirkung kommende Trägerspannung

$$\mathfrak{E}_0 = \frac{\mathfrak{E}_g}{D} \, \frac{1}{1 + R_i \dfrac{(\mathfrak{R}_r + \mathfrak{W})}{\mathfrak{R}_r \mathfrak{W}}} ,$$

wenn D der Durchgriff und R_i der innere Widerstand der Röhre, $\mathfrak{R}_r$ der Resonanzwiderstand des Anodenkreises und $\mathfrak{W}$ der Eingangswiderstand des Gleichrichters ist. Man kann hierfür auch schreiben: $\mathfrak{E}_0 = \mathfrak{E}_l \dfrac{1}{1 + \mathfrak{R}/\mathfrak{W}}$, d. h. die Trägerspannung am Gleichrichter einer Ersatzspannungsquelle mit der Leerlaufspannung $\mathfrak{E}_l$ und dem inneren Widerstand $\mathfrak{R}$ entstammend auffassen, wie Bild 2b zeigt. In diesem Ersatzbild ist noch angenommen, daß der Gleichrichterkreis den äußeren Widerstand R_a für den Richtgleichstrom und den äußeren Widerstand $\mathfrak{R}_a$ für den Richtwechselstrom der Modelungsfrequenz enthält; außerdem ist angenommen, daß der Gleichrichterkreis die feste Vorspannung E_0 enthält. Zunächst wird der Richtgleichstrom bei vollkommenem Kurzschluß, d. h. bei $R_a = \mathfrak{R}_a = 0$ berechnet. Für die Stromspannungskennlinie des Gleichrichters wird der Ansatz gemacht: $i = K e^{\gamma}$, wobei mit e die Augenblicksspannung am Gleichrichter bezeichnet wird und für das betrachtete Raumladungsgebiet $\gamma = 1{,}5$ ist. Die Augenblicksspannung am Gleichrichter ist bei positiver Ruhevorspannung E_0 zu $e = \mathfrak{E}_0 \sin \omega t + E_0$ gegeben; der Augenblicksstrom im Gleichrichter ist dann

$$i = K \mathfrak{E}_0^{\gamma} \left(\sin \omega t + \frac{E_0}{\mathfrak{E}_0} \right)^{\gamma} . \tag{1}$$

Der Stromzufluß beginnt zur Zeit $t_1 = -\dfrac{1}{\omega} \arcsin \dfrac{E_0}{\mathfrak{E}_0}$ und endet zur Zeit $t_2 = \dfrac{1}{2f} + \dfrac{1}{\omega} \arcsin \dfrac{E_0}{\mathfrak{E}_0}$, wie man Bild 2c entnehmen kann. Um diese Stromfunktion in eine für eine Fourier-Entwicklung günstige Form zu bringen, wird $\omega t = y + \dfrac{\pi}{2}$ ge-



a Schaltbild *b* Ersatzbild *c* Verlauf bei positiver Ruhevorspannung *E*

Bild 2. Arbeitsweise eines Zweipolgleichrichters.

setzt; für die Grenzen folgt dann: $y_1 = -y_2 = \left(\frac{\pi}{2} + \arcsin\frac{E_0}{\mathfrak{E}_0}\right)$. Die so umgeformte Stromfunktion wird als gerade Funktion in bekannter Weise in einer Fourierschen Reihe entwickelt. Setzt man in dieser den Ausdruck $\cos y + \frac{E_0}{\mathfrak{E}_0} = x$, so erhält man die endgültige Reihe

$$i = \frac{1}{\pi} K \mathfrak{E}_0^\gamma \int\limits_0^{1+E_0/\mathfrak{E}_0} \frac{x^\gamma}{\sqrt{1-\left(x-\frac{E_0}{\mathfrak{E}_0}\right)^2}} \mathrm{d}x + \frac{2}{\pi} K \mathfrak{E}_0^\gamma \sum_1^\infty n \cos ny \times$$

$$\times \int\limits_0^{1+E_0/\mathfrak{E}_0} \frac{x^\gamma}{\sqrt{1-\left(x-\frac{E_0}{\mathfrak{E}_0}\right)^2}} \cos\left[n \arccos\left(x-\frac{E_0}{\mathfrak{E}_0}\right)\right] \mathrm{d}x \,. \quad (2)$$

Das erste Glied dieser Reihe stellt den Gleichstrom im Gleichrichterkreis dar, der sich aus dem der Ruhevorspannung E_0 entsprechenden Kurzschlußruhestrom I_k und dem Kurzschlußrichtstrom ΔI_k zusammensetzt; die folgenden Glieder stellen die Stromkomponenten der Grundfrequenz und der Oberschwingungen dar. Für den Augenblicksstrom der Grundfrequenz ergibt sich

$$i_{\omega K} = \frac{2}{\pi} K \mathfrak{E}_0^\gamma \sin\omega t \left\{ \int\limits_0^{1+E_0/\mathfrak{E}_0} \frac{x^{\gamma+1}}{\sqrt{1-\left(x-\frac{E_0}{\mathfrak{E}_0}\right)^2}} \mathrm{d}x - \right.$$

$$\left. - \frac{E_0}{\mathfrak{E}_0} \int\limits_0^{1+E_0/\mathfrak{E}_0} \frac{x^\gamma}{\sqrt{1-\left(x-\frac{E_0}{\mathfrak{E}_0}\right)^2}} \mathrm{d}x \right\}.$$

Die in jedem Glied vorkommenden Integrale lassen sich exakt lösen[1]). Mit einer erlaubten Vernachlässigung erhält man schließlich für das Gleichstromglied

$$I_k + \Delta I_k = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} K \mathfrak{E}_0^\gamma \left(1+\frac{E_0}{\mathfrak{E}_0}\right)^{\gamma+\frac{1}{2}} \frac{\gamma}{\gamma+\frac{1}{2}} \frac{\Gamma(\gamma)}{\Gamma\left(\gamma+\frac{1}{2}\right)}$$

und für die Amplitude der Grundfrequenz

$$I_{\omega k} = \frac{2}{\sqrt{2\pi}} K \frac{\gamma}{\gamma+\frac{1}{2}} \frac{\Gamma(\gamma)}{\Gamma\left(\gamma+\frac{1}{2}\right)} \mathfrak{E}_0^\gamma \left(1+\frac{E_0}{\mathfrak{E}_0}\right)^{\gamma+\frac{1}{2}} \times$$

$$\times \left\{ 1 - \frac{1}{2} \frac{1+\frac{E_0}{\mathfrak{E}_0}}{\gamma+1+\frac{1}{2}} \right\}.$$

Es wird gezeigt, daß die nach dieser Theorie für die Zweipolröhre $AB\,1$ mit einem K-Wert von 0,375 mA/V^{1,5} ermittelten Richtkennlinien $I_k + \Delta I_k = f(E_0)$ gut mit den bei verschiedenen E_0-Werten gemessenen Kurven übereinstimmen. Durch Einschalten eines Gleichstromwiderstandes R_a in den Gleichrichterkreis wird die Ruhevorspannung am Gleichrichter auf $E = E_0 - \Delta E$ erniedrigt, wenn ΔE der Spannungsabfall an R_a ist. Entsprechend stellt sich statt des Kurzschlußstromes der niedrigere Arbeitsstrom $I + \Delta I$ ein. Im einzelnen ist jetzt $I + \Delta I = g\, E_0^\gamma\, U^{\gamma+1/2}$, wenn zur Abkürzung

$$\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \frac{\gamma}{\gamma+\frac{1}{2}} \frac{\Gamma(\gamma)}{\Gamma\left(\gamma+\frac{1}{2}\right)} = g$$

und

$$\frac{1}{2 g R_a \sqrt{\mathfrak{E}_0}} \left\{ \sqrt{1 + 4 g R_a \sqrt{\mathfrak{E}_0}\left(1+\frac{E_0}{\mathfrak{E}_0}\right)} - 1 \right\} = U$$

gesetzt wird. Für ΔE ergibt sich: $\Delta E = \mathfrak{E}_0 \left(1 + \frac{E_0}{\mathfrak{E}_0} - U\right)$ und für die Amplitude der Grundschwingung

$$I_\omega = 2 g \mathfrak{E}_0^\gamma U^{\gamma+1/2} \left\{ 1 - \frac{1}{2} \frac{U}{\gamma+1+\frac{1}{2}} \right\}.$$

Die Kurven $\Delta E = f(\mathfrak{E}_0)$ stellen die Rückmodelkennlinien für Gleichstrom dar, wobei $g\, R_a$ der Parameter ist. Bei Modelung schwankt die Trägeramplitude um den Mittelwert $\mathfrak{E}_0$; ihr jeweiliger Scheitelwert $\mathfrak{E}$ hängt mit $\mathfrak{E}_0$ über den Modelungsansatz $\mathfrak{E} = \mathfrak{E}_0 + m\,\mathfrak{E}_0 \cos\omega_m t$ zusammen. Mit $\mathfrak{E}_0$ schwankt auch der Richtstrom $I + \Delta I$, und wenn der äußere Widerstand $\mathfrak{R}_a$ für die Wechselstromkomponente phasenrein, d. h. wenn $\mathfrak{R}_a = R_a$ ist, wird die Gesamtschwankung des Gleichrichterstromes auf der Kennlinie $I + \Delta I = f(\mathfrak{E}_0)$ liegen. Die Entwicklung dieser Funktion in einer Taylorschen Reihe führt zu der Gleichung $I + \Delta I = f(\mathfrak{E}_0) + \frac{1}{4} f''(\mathfrak{E}_0)\, m^2\, \mathfrak{E}_0^2 + f'(\mathfrak{E}_0)\, m\, (\mathfrak{E}_0) \times \times \cos\omega_m t + \frac{1}{4} f''(\mathfrak{E}_0)\, m^2\, \mathfrak{E}_0^2 \cos 2\,\omega_m t$. Man sieht, daß im Gesamtrichtstrom der Richteffekt der Trägerspannung und zusätzlich der Richteffekt der Modelungsspannung enthalten ist; außerdem tritt ein Wechselstrom der Modelfrequenz und ein Wechselstrom mit der Frequenz der ersten Oberschwingung auf. Nach einiger Rechenarbeit erhält man für den am phasenreinen Außenwiderstand R_a entstehenden Spannungsabfall $\mathfrak{E}_m$ der Modelfrequenz den Ausdruck

$$\mathfrak{E}_m = m\, \mathfrak{E}_0\, R_a \frac{1-\frac{U}{4}}{R_a + \frac{1}{2 g \sqrt{\mathfrak{E}_0}\, U}} .$$

Für den quadratischen Stromklirrfaktor $\varkappa = \frac{I_{2m}}{I_m}$, der bei phasenreinem R_a gleich dem Spannungsklirrfaktor ist, ergibt sich

$$\varkappa = \frac{1}{16} m \frac{\frac{U}{2} + 4\left(\frac{1}{2 g R_a \sqrt{\mathfrak{E}_0}\, U + 1}\right)^2 \frac{\left(1-\frac{U_0}{2}\right)^2}{U}}{1-\frac{U}{4}} .$$

Ist R_a nicht phasenrein, so ergibt sich $\mathfrak{E}_m$ aus dem vorigen Ausdruck durch Ersatz von R_a durch $\mathfrak{R}_a$. Der Stromklirrfaktor ergibt sich zu

$$\varkappa = \frac{1}{16} m \frac{\frac{U}{2} + \frac{4}{1 + 4 g \mathfrak{R}_a' U_0 \sqrt{\mathfrak{E}_0}} \frac{\left(1-\frac{U_0}{2}\right)^2}{U}}{1-\frac{U}{4}} \times$$

$$\times \frac{\mathfrak{R}_a + \frac{1}{2} g \sqrt{\mathfrak{E}_0}\, U}{\mathfrak{R}_a' + \frac{1}{2} g \sqrt{\mathfrak{E}_0}\, U},$$

wenn $\mathfrak{R}_a'$ der äußere Widerstand für die Oberschwingung der Modelfrequenz ist. Durch Multiplikation mit $\mathfrak{R}_a'/\mathfrak{R}_a$ erhält man daraus den Spannungsklirrfaktor. Die bisherigen Betrachtungen setzten immer voraus, daß der innere Widerstand $\mathfrak{R}$ der den Gleichrichter speisenden Spannungsquelle Null ist. Gemäß Gl. (2) entstehen im Gleichrichter durch den Richtvorgang die Oberschwingungen der Trägerfrequenz, die sich aber bei vollkommenem Kurzschluß kurzschließen. Ist jedoch $\mathfrak{R} \neq 0$, so tritt an $\mathfrak{R}$ sowohl ein Spannungsabfall der Trägerfrequenz wie der Oberschwingung auf; die mathematische Behandlung der nunmehrigen Verhältnisse ist schwierig. Einfach liegen die Verhältnisse, wenn $\mathfrak{R}$ zwar nicht für die Trägerfrequenz, wohl aber für die Oberschwingungen Null ist, was praktisch oft der Fall ist (z. B. Schaltung Bild 2a). Hierfür errechnet sich die am Gleichrichter liegende Spannung zu $\mathfrak{E} = \frac{\mathfrak{E}_e}{1 + 2\frac{\Delta E}{\mathfrak{E}}\frac{\mathfrak{R}'}{R_a}}$, d. h. $\mathfrak{E} < \mathfrak{E}_e$ und da bei $\mathfrak{R} = 0$, d. h. Kurzschluß, $\mathfrak{E}_e = \mathfrak{E}_0$ war, $\mathfrak{E} < \mathfrak{E}_0$. Um diesen Rückgang auszugleichen, braucht man aber nur vor der Gleichrichtung entsprechend mehr zu verstärken. *E. C. M.*

[1]) Czuber, Vorlesungen über Differential- und Integralrechnung, 2. Bd., 4. Auflage (1919).

Werkstatt und Baustoffe

DK 621.318.32

Neuere heimische Magnetwerkstoffe für Relaiskerne. [Nach H. H. Meyer u. H. Fahlenbach, Techn. Mitt. Krupp 8 (1940) S. 29; 4 S., 3 B.]

Die wichtigste magnetische Eigenschaft für ein einwandfrei arbeitendes Relais ist die Koerzitivkraft des verwendeten Kernwerkstoffes. Bisher galt für die technisch erzeugten unlegierten Eisensorten das schwedische Holzkohleeisen als besonders hochwertig. Den Bemühungen, ein derartiges Eisen auch in Deutschland herzustellen, war ein voller Erfolg beschieden; man hat sogar Eisensorten geschaffen, die eine niedrigere Koerzitivkraft

als das schwedische Holzkohleeisen besitzen. Während bei diesem mit einer Koerzitivkraft von 1,0 Oersted gerechnet werden kann, kann jetzt eine Koerzitivkraft von 0,5 Oersted garantiert werden. Dabei ist noch besonders erwähnenswert, daß diese hochwertigen Eisenqualitäten auch alterungsbeständig sind, d. h. daß sie ihre magnetischen Eigenschaften mit der Zeit selbst bei Erhitzung auf 100° praktisch nicht ändern.

Auch bei den silizierten Werkstoffen ist in den letzten Jahren ein weiterer Fortschritt erzielt worden. Gegenüber dem bereits in früheren Veröffentlichungen angegebenen Werkstoff Hyperm 4 mit einer Koerzitivkraft von unter 0,3 Oersted gelingt es jetzt bei dem Hyperm 7 sogar eine Koerzitivkraft von 0,15 Oersted zu garantieren. Die Bestwerte liegen bei 0,06 Oersted. Diese Werte sind bisher nur von den hochlegierten Werkstoffen mit 50 und 75% Nickel erreicht worden. Es ist also gelungen, mit Rohstoffen, die uns genügend zur Verfügung stehen, dieselben magnetischen Eigenschaften zu erzielen, die bisher nur mit stark devisenbelasteten Werkstoffen erreichbar waren.

Für Ausnahmefälle, bei denen man mit diesen Werten noch nicht auskommt, ist noch die Qualität Hyperm 366 mit einer Koerzitivkraft von 0,03 bis 0,08 Oersted zu erwähnen.

Aus dem Bericht geht hervor, daß wir heute für Relaiskernwerkstoffe vom Auslande vollkommen unabhängig sind und die Verwendung von Fe-Ni-Legierungen für diese Zwecke nur noch in wenigen Ausnahmefällen zu rechtfertigen ist. *eb.*

Verschiedenes

DK 621.316 : 628.972.7 : 725.82

Elektrische Anlagen im Bromberger Stadttheater.

Am 6. Oktober 1940 wurde das Bromberger Stadttheater, vollständig umgestaltet und in seinen technischen Einrichtungen erneuert, seiner Bestimmung zurückgegeben. Ein Blick in die elektrischen Anlagen vor dem Umbau zeigt, wie die Fremdherrschaft in keiner Weise die Fortschritte der Technik dem Kulturleben dienstbar machte (Bild 3). Vielmehr entsprachen die Anlagen dem Stand der Technik vor etwa 30 Jahren und waren niemals überholt worden. Demgegenüber erhielt das Theater jetzt elektrische Anlagen neuester Ausführung. Für die Regelung der Beleuchtungsstärke wurde eine Reihe Bordoni-Regler geliefert, die von einem Bühnenstellwerk mit 80 Hebeln eingestellt werden (Bild 4). 40 Leuchten dienen zur Ausleuchtung des neuen Rundhorizonts, der einen Umfang von 30 m und eine Höhe von 14 m hat. Etwa 20 Bühnenscheinwerfer, die auf der Bühne und in den Rangbrüstungen des Zuschauerraumes verteilt sind, erlauben verstärkte Lichtwirkungen. Ein Teil der Scheinwerfer ist auf den Türmen und auf der Brücke der verstellbaren Portalanlage untergebracht. Die Dekorationen können in vier verschiedenen Farben angeleuchtet werden. Die hierzu erforderlichen Lampen sind in drei Oberlichtern mit versilberten Glasspiegeln untergebracht; das Licht wird mit Zellonlichtfiltern gefärbt. Für die Stromversorgung wurde ein eigener Anschluß an das Hochspannungsnetz der Stadt geschaffen. Hierzu mußte ein Umspanner von 125 kVA Leistung 6000/400/231 V aufgestellt werden.

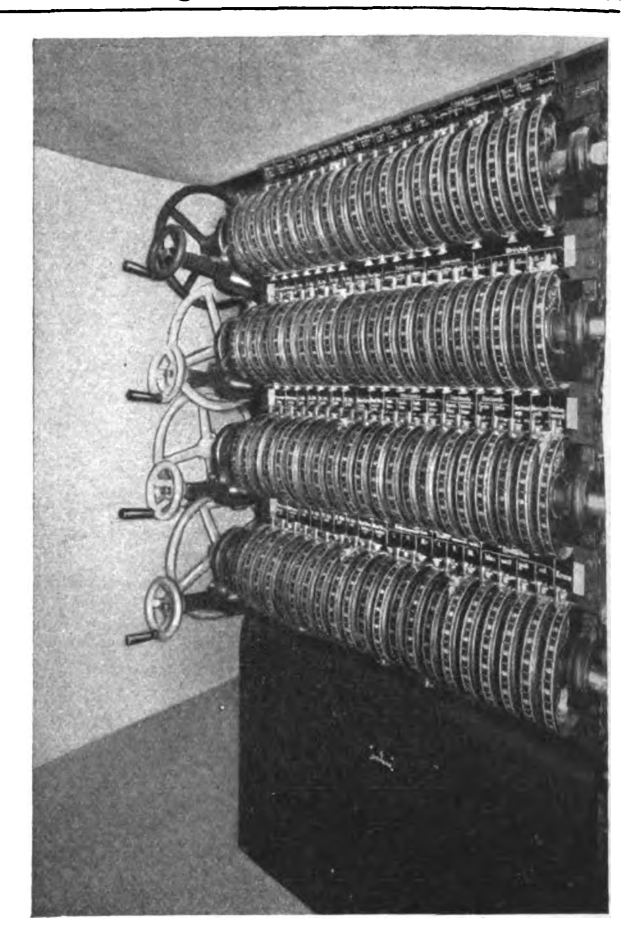


Bild 4. Bühnenstellwerk im Bromberger Stadttheater.

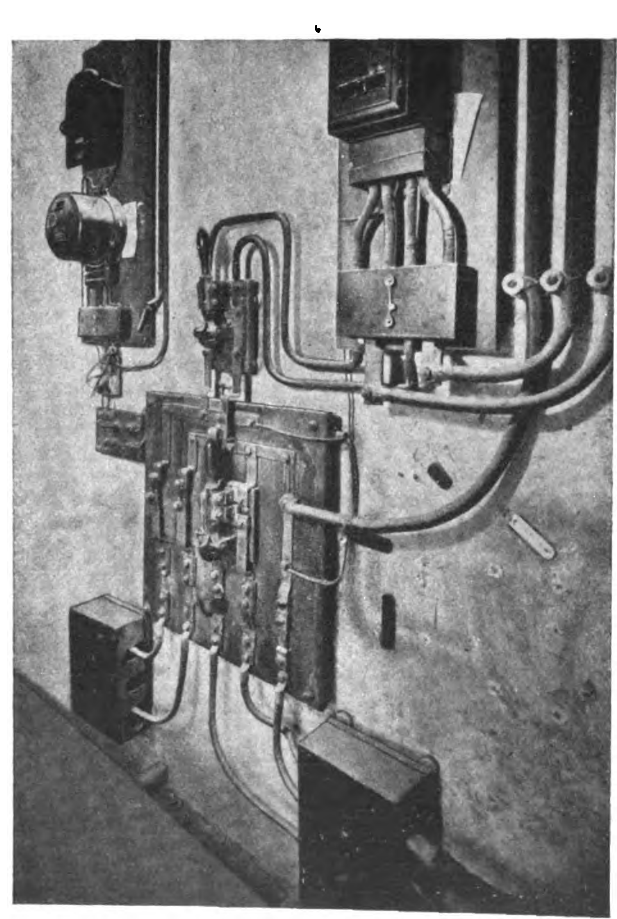


Bild 3. Zustand der elektrischen Anlagen im Bromberger Stadttheater unter der Fremdherrschaft.

Die Fernmeldeanlagen wurden ebenfalls vollständig erneuert. Neu geschaffen wurde insbesondere eine Lichtrufanlage zum Herbeirufen der Solisten und des Chores. Für die Bühne wurde ferner eine transportable Lautsprechereinrichtung bereit gestellt, die aus einem Verstärker für 20 W Leistung, einem Doppelplattenspieler, einem Mischregler sowie fünf, nach Belieben anschaltbaren Lautsprechern besteht. *fi*

Preisausschreiben der Siemens-Ring-Stiftung. — Die Siemens-Ring-Stiftung, die am 13. Dezember 1916, am 100. Geburtstag von Werner von Siemens, gegründet wurde, hat sich u. a. die Aufgabe gestellt, das Andenken großer Männer der Technik durch Verbreitung von Biographien zu ehren. Um die Herausgabe derartiger geeigneter Lebensbeschreibungen zu fördern, hat sie ein Preisausschreiben erlassen, das bereits in den Jahren 1938 bis 1940 mit Erfolg durchgeführt wurde. Das Preisausschreiben ist für die Jahre 1941 bis 1943 verlängert worden, und zwar ist für jedes Jahr ein Preis von 1000 RM ausgesetzt worden für die beste Biographie eines verstorbenen großen deutschstämmigen Ingenieurs.

Bewerbungen für das Jahr 1941 sind bis zum 1. September 1941 bei der Geschäftsstelle der Siemens-Ring-Stiftung, Berlin NW 7, Hermann-Göring-Straße 27, einzureichen, von der auch die näheren Bedingungen angefordert werden können.

AUS ERZEUGUNG UND VERBRAUCH

Gesetzliche Regelung der Anwendung von Elektrofahrzeugen in Italien

Von W. Rödiger VDE, Berlin

DK 629.113.65 : 340.13(45)

Wirtschaftspolitische Gesichtspunkte

Die wirtschaftliche Entwicklung eines Landes beruht hauptsächlich auf dem Reichtum an verfügbaren Rohstoffen; je reicher ein Land daran ist, desto ungehemmter, umfassender und erfolgreicher kann es seine Wirtschaft entwickeln. Wo wichtige Rohstoffe fehlen, bedarf es einer sorgsamen Überwachung der Einfuhr und einer weitgehenden Ausnutzung dessen, was das Land an Erzeugnissen aus Eigenem zu bieten vermag, um die Unabhängigkeit der nationalen Wirtschaft nach Möglichkeit zu sichern.

Italiens führende Männer der Wirtschaft sehen ebenso wie die deutschen Wirtschaftsführer in der Steigerung der Arbeitsleistung und im erheblichen Ausbau der Erzeugung auf vielen Wirtschaftsgebieten die unerläßliche Vorbedingung für die Erfüllung der großen Aufgaben, die an die Wirtschaftskraft der beiden Achsenmächte herantreten. Die Erhöhung der wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit bringt aber zwangsläufig eine Steigerung des Verkehrs mit sich, damit zugleich die Notwendigkeit eines nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten gestalteten Transportwesens, in dessen Rahmen die Güterbeförderung durch Kraftwagen einen breiten Raum einnimmt.

Diese Gesichtspunkte dürften für die Regierung des Königreiches Italien die Veranlassung zu einem Gesetz gewesen sein, das am 19. Juni 1940 erlassen wurde und folgenden Wortlaut hat:

Wortlaut der gesetzlichen Vorschriften

Artikel 1

Mit dem 1. Januar 1941 müssen die Kraftfahrzeuge, die in den Städten und Vorstädten des Königreiches zur Beförderung und Verteilung von Postgut, Monopolwaren, Milch, Brot, Schlachtfleisch, zur Straßenreinigung, zur Müllabfuhr und für das Bestattungswesen in Dienst gestellt werden, elektrisch durch Akkumulatoren angetrieben werden.

Artikel 2

Das Verkehrsministerium (Generalinspektorat für Eisenbahnen, Straßenbahnen und Kraftfahrzeuge) kann nach Anhören des ständigen Ausschusses für das Kraftfahrwesen gemäß dem in das Gesetz vom 23. Dezember 1937, Nr. 2614, umgewandelten königl. Erlaß vom 14. Juli 1937 Befreiungen von der im vorstehenden Art. 1 bestimmten Verpflichtung in beschränktem Umfange für die Dienste gewähren, die auf nicht ebenen Straßen durchgeführt werden müssen oder nach Gutachten des Ministeriums für akkumulatorengetriebene Elektrofahrzeuge nicht geeignet sind.

In den obigen Fällen besteht, wenn die Dienste innerhalb einer Entfernung von 180 km von Erzeugungsstätten von zum Kraftzug geeigneten Treibgasen durchgeführt werden, die Verpflichtung zum Verwenden der Treibgase nach vorheriger Prüfung der Versorgungslage durch das Verkehrsministerium.

Artikel 3

Die Verwendung der zu den Zwecken des Art. 1 neu zugelassenen Elektroakkumulatoren- oder Treibgasfahrzeuge muß sich aus einem besonderen Vermerk ergeben, den das zuständige Eisenbahnaufsichtsamt bei der Abnahme auf dem Zulassungsschein zu machen hat. Dieser Vermerk ist ferner vorgeschrieben:

a) für die Elektroakkumulatoren- oder Treibgasfahrzeuge, die bereits zugelassen sind und vor dem 1. Januar 1941 oder später zu den angegebenen Zwecken verwandt werden. In diesen Fällen verfahren die Eisenbahnämter auf Antrag der Interessierten mittels Verlängerung der Zulassung, die vor dem 30. Juni 1940 oder vor Aufnahme des neuen Betriebes vorzuweisen ist.

b) für alle anderen nicht elektrischen Kraftfahrzeuge, die vor dem 1. Januar 1941 zu den obigen Zwecken zugelassen wurden oder danach nach Maßgabe von Art. 2 zugelassen werden. In diesen Fällen verfahren die Eisenbahnämter durch Verlängerung der Zulassung auf Antrag der Interessierten bis zum 31. Dezember, was die schon zugelassenen Fahrzeuge betrifft, und unter Nachweis der bisherigen Verwendung seitens der Interessierten, für alle anderen Fahrzeuge vor Aufnahme des neuen Betriebes.

Artikel 4

Der Verkehrsminister ist ermächtigt, die Vorschriften im Sinne des Art. 1 des königl. Erlasses vom 14. Juli 1937 Nr. 1809, abzuändern, soweit es für eine Erleichterung der Verwendung von Elektrofahrzeugen oder zur Festlegung ihrer konstruktiven Eigentümlichkeiten erforderlich ist. Der Verkehrsminister ist ebenfalls ermächtigt, die genannten Vorschriften entsprechend den Fortschritten der Technik auf dem entsprechenden Stand zu halten.

Artikel 5

Die Versuche, Proben und Prüfungen, die für die Zwecke des vorstehenden Art. 4 notwendig werden, erfolgen bei der Kraftversuchsabteilung Mailand des Generalinspektorats für Eisenbahnen, Straßenbahnen und Kraftfahrzeuge. Die Richtlinien für die Versuche, Proben und Prüfungen werden vom Verkehrsministerium entsprechend den Vorschriften des Art. 108 des Gesetzes über die Straßen- und Verkehrsüberwachung (genehmigt durch königl. Erlaß vom 8. Dezember 1933, Nr. 1740) erlassen.

Artikel 6

Mit dem Datum der Veröffentlichung dieses Gesetzes können Kraftfahrzeuge, die von der beschriebenen Art abweichen, nur in Betrieb gestellt werden, wenn sie zu diesem Zeitpunkt bereits in der Herstellung begriffen waren und die Hersteller dies bei den zuständigen Ämtern anmelden, die die geeigneten Feststellungen zu treffen haben. Diese Fahrzeuge müssen jedoch bis zum 31. Dezember 1940 in Betrieb genommen werden.

Artikel 7

Übertretungen der Vorschriften dieses Gesetzes werden mit Geldstrafe von 500 bis 5000 Lire bestraft. Im Wiederholungsfalle kann der Präfekt die Einziehung der Zulassung des Kraftfahrzeuges für die Dauer von 1 bis 6 Monaten verfügen.

Gegen die Anordnung des Präfekten ist innerhalb 30 Tagen der Einspruch beim Verkehrsministerium zulässig.

Erläuterungen und Folgerungen für den Elektrofahrzeugbau

In diesem Gesetz ist der Eigenart des Elektrofahrzeugs durch die Beschränkung des Einsatzes auf den Orts- und Nahverkehr sowie durch die Ausnahme der Transporte auf längeren und starken Steigungen von der Pflichtverwendung in einer Weise Rechnung getragen, die das volle Verständnis für das Wesen des elektrischen



Fahrzeugbetriebes erkennen läßt. Bemerkenswert ist auch, daß erst in zweiter Linie, und zwar in den Fällen, wo der akkumulator-elektrische Antrieb für die Transporte des Nahverkehrs nicht mehr ausreicht oder sonst irgendwie ungeeignet ist, der Treibgasantrieb vorgeschrieben wird.

Schon im Jahre 1938 wurde in Italien beim Verkehrsministerium eine ständige Kommission für den Autoverkehr eingesetzt, die den Namen „Ständige Kommission für den Autoantrieb mit nationaler motorischer Kraft" erhielt. Ihre Aufgabe erstreckte sich u. a. auf Studien und Versuche über eine ausgedehntere Anwendung der elektrischen Energie für den Autoantrieb, und sie hatte geeignete Maßnahmen vorzuschlagen, um den italienischen Autoverkehr auf nationale Brennstoffe und elektrische Energie umzustellen. Es unterliegt daher keinem Zweifel, daß dieses Gesetz nicht nur eine Kriegserscheinung, sondern auch eine vorsorgliche Maßnahme für die zweckmäßigste Verkehrsgestaltung der kommenden Friedenszeit ist.

Da Italien eine hoch entwickelte, vorwiegend durch Wasserkräfte gespeiste Elektrizitätsversorgung hat, so ist die Abstellung des nahen Kraftverkehrs, der einen großen Teil des gesamten Kraftverkehrs umfaßt, auf elektrischen Antrieb nicht nur in wirtschaftlicher Hinsicht, sondern auch im Sinne der Unabhängigkeitsbestrebungen eine ebenso natürliche wie zweckentsprechende Maßnahme; daß diese schon jetzt mitten im Kriege in Angriff genommen wird, ist ein Beweis für die weitschauende Wirtschaftspolitik der führenden Männer Italiens. Die italienische Kraftwagenindustrie sieht sich aber durch den Erlaß des Gesetzes vor die Notwendigkeit gestellt, den Bau von elektrischen Fahrzeugen erheblich zu vergrößern, um den voraussichtlich großen Bedarf decken zu können. Hierbei dürfte die Verbundenheit mit Deutschland, das die größte Elektrofahrzeugindustrie in Europa besitzt, zu einem Austausch der Erfahrungen im Bau und Betrieb führen, der nicht ohne günstigen Einfluß auf die Entwicklung des Elektrofahrzeugwesens in beiden Ländern bleiben wird.

DK 621.311 (45)

Autarkie und elektrische Arbeit in Italien. [Nach P. Ferrerio, Elettrotecnica 27 (1940) S. 358; 7 S.]

Der Verfasser betrachtet den Energiehaushalt Italiens nach Bedarf, Einfuhr und einheimischer Erzeugung. Durch Wasserkraft wurden erzeugt: 1938 rd. 15 Mrd kWh, 1939 rd. 17 Mrd kWh. Die Erddampfkraftwerke brachten 184 bzw. 446 Mill kWh. Einheimische Steinkohle lieferte 1938 bei 2,35 Mill t rd. $19 \cdot 10^{12}$ WE, Petroleum (einschl. albanischer Lieferungen) $0,8 \cdot 10^{12}$ WE. Die Erzeugung an Brennholz und Holzkohle wird 1937/38 mit $19 \cdot 10^{12}$ WE bewertet. Die Brennstoffeinfuhr brachte 1938 rd. $120 \cdot 10^{12}$ WE. Der Gesamtbedarf hatte 1938 ohne den Verbrauch von Luft- und Seefahrt einen Wert von $152 \cdot 10^{12}$ WE. Die festen Brennstoffe wurden dabei vorwiegend für Heizzwecke verwandt. Von den flüssigen Brennstoffen diente ungefähr $^2/_3$, d. h. 1,7 Mill t zur Erzeugung von Antriebskraft. Damit ergibt sich eine gesamte Energieerzeugung einschließlich der Wasser- und Erddampf-Kraftwerke von 22,5 Mrd kWh. Der weitere Beitrag durch menschliche und tierische Arbeit läßt sich auf je 2,5 Mrd kWh jährlich schätzen; insgesamt ergibt sich also ein Energieverbrauch von rd. 27 Mrd kWh. Dabei liefern zur Wärmeerzeugung die Brennstoffe $105 \cdot 10^{12}$ WE.

Von den Energievorräten des Landes sind Wasserkräfte für insgesamt 56 Mrd kWh technisch ausbaufähig; davon sollen aber nur 32 Mrd kWh im üblichen Sinn wirtschaftlich sein. Da diese Bewertung aber nicht unveränderlich und im Falle einer Blockade nicht entscheidend sein kann, wird die erstgenannte Zahl den Betrachtungen zugrunde gelegt. Hiervon sind etwa 45 Mrd kWh im Jahr gleichmäßig nutzbar. Die Vorräte an festen Brennstoffen haben nur geringen Umfang. Das gleiche gilt für die flüssigen Brennstoffe in Sizilien, in den Abruzzen und in Albanien, worüber noch wenig sicher bekannt ist. Die Energieerzeugung aus Erddampf bei Lardarello[1]) dürfte sich vielleicht auf 1500 Mill kWh bringen lassen. Wie bei den Wasserkräften, so handelt es sich auch bei Brennholz, Holzkohle und Alkohol um sich ständig erneuernde Energiequellen; ein rationelles Wiederaufforstungsprogramm könnte diese Brennstoffe vielleicht in ihrer Bedeutung noch steigern. Jedenfalls ist es nicht zulässig, die Ausbeute der geringen Vorräte so zu steigern, daß die Einfuhr ganz ausgeglichen wird; die Brennstofflager würden sich zu schnell erschöpfen. Italien gilt im Lande selbst als reich an Wasserkräften. Die noch verfügbaren 39 Mrd kWh entsprechen aber nur $34 \cdot 10^{12}$ WE, während zur Zeit das 3,5fache an Brennstoff eingeführt wird. In Wirklichkeit bleiben jetzt nur 15 Mrd kWh zuverlässig ausbaufähig, was bei einer prozentual gleichbleibenden Steigerung des Verbrauchs an elektrischer Energie in weniger als zehn Jahren aufgebraucht wäre. Daher muß die Wasserkraft in möglichst günstiger Weise eingesetzt werden. Über $^2/_3$ davon liegen in den Alpen. Hier ist jeweils zu prüfen, wie man ihre ungleichmäßige Energiedarbietung durch Speicherbecken, Saison-Verbraucher und zusätzliche Wärmekraftwerke in den Wintermonaten wirtschaftlich nutzen kann. Auch die begrenzten finanziellen Kräfte verlangen eine gut überlegte Bewirtschaftung der Energievorräte. Dabei sind zwei Gesichtspunkte zu beachten: Brennstoff-Ersparnis und Bauaufwand je kWh Wasserkraft an Stelle von Brennstoff. Wichtig ist dabei natürlich auch der Wirkungsgrad der Anwendungsformen der Energie.

Weiter wird untersucht, wie bei den einzelnen Arbeitsgebieten die elektrische Energieform eingesetzt werden kann. In der Industrie spielt Wärmekraftstrom nur eine bescheidene Rolle; er wird meist erzeugt in Anzapf- und Abdampf-Turbinen. Der Verbrauch an Brennstoff für Wärmeerzeugung ist hoch, läßt sich jedoch meist nicht wirtschaftlich durch Wasserkraftstrom ersetzen. Der Ersatz von 1 kg Kohle durch Strom erfordert etwa 7,5 kWh, bei industriellen Wärmeöfen, Glasöfen u. a. kann man wegen der geringen Brennstoffausnutzung mit 2 bis 4 kWh rechnen. Dazu kommen gewisse technologische und betriebswirtschaftliche Vorteile bei der elektrischen Heizung. Über $^1/_3$ der italienischen Stromerzeugung wird von der elektrochemischen und elektrometallurgischen Industrie verbraucht, wobei möglichst Überschußstrom verwendet werden soll.

Bei Luft- und Wasserfahrzeugen können Brennstoffe nur selten durch elektrische Energie ersetzt werden. Bei schienenlosen Landfahrzeugen für Massenbeförderung wird die Umstellung auf Fahrdrahtspeisung durchgeführt, was man auch für Fernstraßen als vielleicht anwendbar hält. Auch der Betrieb mit Sammlern ist bei begrenztem Fahrbereich möglich und gesetzlich geregelt[2]). Straßenbahnen laufen zu 100%, Vorortbahnen zu 60% elektrisch; weitere Elektrisierungen sind vorgesehen. Bei den Staatsbahnen sind etwa 30% der gesamten Streckenlänge elektrisch eingerichtet, die Verstromung des Restes würde 10 Mrd Lire Anlagekosten und 1,3 Mrd kWh jährlich erfordern, wodurch 1,8 Mill t Kohle zu ersparen wären.

In der italienischen Landwirtschaft wird die mechanische Arbeit vorwiegend von Mensch und Tier geleistet. Der Stromverbrauch beträgt kaum über 1% der elektrischen Gesamterzeugung Italiens, wovon 80% auf Bewässerungsanlagen entfallen. An Wärmekraft ist rd. 1 Mill kW bei 350 Mill kWh eingesetzt. An tierischer Arbeit wird schätzungsweise 2 Mrd kWh jährlich geleistet. Noch schwieriger läßt sich der Beitrag an menschlicher Arbeit bewerten, genannt werden 560 bis 800 Mill kWh. Insgesamt verbraucht also die italienische Landwirtschaft größenordnungsmäßig 3,3 Mrd kWh. Hier stößt die Mechanisierung oder Elektrisierung auf große technische und wirtschaftliche Schwierigkeiten. Im Betrieb der Saatkulturen sind vielleicht $^2/_3$ von 2,5 Mrd kWh elektrisierbar, die Anlagekosten dafür würden ohne Arbeitsmaschinen 7,5 Mrd Lire betragen. Bei der Holzgewinnung könnten nur einige 10 Mill kWh untergebracht werden.

---

1) S. ETZ 59 (1938) H. 46, S. 1242.

2) W. Rödiger, Gesetzliche Regelung des Einsatzes von Elektrofahrzeugen in Italien. ETZ 61 (1940) H. 12, S. 319.



Schon 1934 waren 95% aller Gemeinden an die Stromversorgung angeschlossen. Dabei steht im Haushalt die Beleuchtung an erster Stelle. In Italien entfällt auf einen Hausbaltsanschluß 70 bis 80 kWh/Jahr. Für elektrische Beleuchtung werden insgesamt rd. 700 Mill kWh verbraucht, auch eine Ausweitung dieser Energieanwendung würde also den gesamten Energiehaushalt nicht fühlbar beeinflussen können. Begrenzt ist in den Haushaltungen die Anwendung motorischer Kraft.

Große Brennstoffverbraucher sind Raumheizung und Küche. Eine Umstellung auf elektrische Heizung würde die Wasserkräfte gerade in der wasserarmen Zeit besonders beanspruchen. Übrigens würden alle noch ungenutzten ausbaufähigen Wasserkräfte Italiens gar nicht für den vollen Ersatz der Brennstoffheizung der ganzen Bevölkerung ausreichen können. Außerdem wäre das Heizen mit elektrischer Winterenergie besonders teuer. 1938 wurden etwa 650 Mill m³ Kochgas verbraucht. Bei Ersatz durch elektrisches Kochen würden zwar 700 000 t Brennstoff gespart. Die anteiligen Anlagekosten wären aber wegen der geringen Benutzungsdauer sehr hoch. Daher arbeiten in Italien noch nicht 2% aller Haushaltküchen elektrisch. Ein Vergleich mit anderen Ländern bestätigt, daß das elektrische Kochen nur beschränkte Ausbreitungsmöglichkeiten hat.

Aus dieser kritischen Rundschau über die verschiedenen Verbrauchergruppen wird im Interesse einer energiewirtschaftlichen Autarkie für die planmäßige Anwendung der elektrischen Energie für Italien folgende Rangordnung abgeleitet: Beleuchtung und industrielle Antriebe, Erweiterung der Bahnelektrisierung, elektrochemische Anlagen und ähnliche Betriebe mit Saison-Charakter, industrielle Wärme, schließlich Landwirtschaft und Küche und ganz zuletzt Raumheizung. *Dr. Az.*

DK 621.007.2

Berufsrecht der Ingenieure und Architekten. [Nach H. Zemlin, Techn. u. Wirtsch. 33 (1940) S. 160; 2 S.]

Der Verfasser behandelt Fragen, die die Berufsausübung der Ingenieure, der Architekten und der Chemiker betreffen, insbesondere die bereits getroffenen Regelungen für einzelne Gebiete, deren Kenntnis für die Allgemeinheit von Bedeutung ist. Hierzu gehören einerseits die Neuordnung der Berufsverhältnisse der freischaffenden Ingenieure und anderseits die Anordnung über die Berufstätigkeit der Architekten. Nach der Anordnung des Hauptamts für Technik vom 17. 3. 1939 ist allein der in die Liste der Beratenden Ingenieure Eingetragene befugt, die Berufsbezeichnung Beratender Ingenieur zu führen. Die Anordnung enthält aber nicht die Regelung, daß nur die in die Liste eingetragenen Ingenieure zur technischen Beratung befugt sind. Die Anordnung wird ergänzt durch die Vertragsbestimmungen und Gebührenordnung der Ingenieure. Zur Zeit gilt die Gebührenordnung in 2. Auflage mit den Änderungen vom 10. 12. 1938 und 22. 5. 1940[1]. Die Vertragsbestimmungen bringen eine zusammenfassende Darstellung der sich aus dem Ingenieurvertrag ergebenden Rechtsbeziehungen. Für die öffentlich bestellten Vermessungsingenieure ist eine Berufsordnung am 20. 1. 1938 erlassen[2]). Für die Rechtsverhältnisse finden die Bestimmungen und Gebührensätze der Gebührenordnung der öffentlich bestellten Vermessungsingenieure in der Fassung vom Februar 1940 Anwendung. Die Anordnung über den Beruf des Architekten vom 28. 7. 1936 betrifft alle Architekten, d. h. nicht nur die freischaffenden, sondern auch die gleichzeitig baugewerblich Tätigen und die in einem Angestelltenverhältnis Stehenden. Der Verfasser unterstreicht die Bedeutung einer Unterrichtung über den derzeitigen Rechtszustand, insbesondere der Angehörigen der technischen Berufe selbst und ihrer Auftraggeber, und ergänzt seine allgemeine Bemerkungen durch kritische Betrachtungen des Buches von Meister[3]). *Opz.*

DK 621.311(73/79)

Entwicklung der amerikanischen Elektrizitätswirtschaft im Jahre 1939. [Nach Electr. Wld., N. Y. 113 (1940) S. 94; 12 S., 10 B.]

Nach den durch Statistiken und Schaulinien mit Vergleichswerten der Vorjahre ergänzten Angaben übertraf sowohl die ausgebaute Leistung als auch die Stromabgabe in der amerikanischen Elektrizitätswirtschaft die Vorjahreswerte beträchtlich; bereits im August des Berichtsjahres wurde die sonst zu Weihnachten auftretende Vorjahres-Winterspitze erreicht, so daß die gesamte Leistungsfähigkeit etwa um 13% über den Vorjahreswerten lag. Insgesamt wurden 1939 in den öffentlichen und privaten Elektrizitätsunternehmungen etwa 123 Mrd kWh erzeugt, wovon 68% auf Dampfkraft und fast der ganze Rest auf Wasserkraft als Energiequelle entfielen. Der Wasserkraftanteil ging infolge der Trockenheit des Jahres gegenüber dem Vorjahr um etwa 3,5% zurück. Auf der Verbraucherseite ist das Ansteigen der Industriestromabnahme bemerkenswert und im südöstlichen Gebiet der V. S. Amerika mit 21% am größten. In sämtlichen Teilen des Landes zeigte sich gegenüber 1937 eine beträchtliche Zunahme der Stromerzeugung.

Hinsichtlich der insgesamt ausgebauten Leistung wird für das Berichtsjahr eine ähnliche Entwicklung angegeben; die Leistungsfähigkeit der Werke nahm insbesondere in den letzten 4 bis 5 Monaten des Jahres zu. Im Laufe der letzten 10 Jahre stieg die Stromerzeugung um 36,4%, die ausgebaute Leistung um 26,8%, wobei also die Ausnutzung der Werksanlagen höher getrieben wurde. 1939 wurden rd. 1136 MW neu in Betrieb gesetzt, wovon 985 MW mit Dampfantrieben, 271 MW durch Wasserkraft gewonnen und nur 33 MW durch Verbrennungskraftmaschinen erzeugt wurden. Der Anteil der letzteren beträgt nur 2,2% der Gesamterzeugung, ist jedoch etwas im Steigen begriffen. Die Zunahme der ausgebauten Leistung ist in den einzelnen Landesteilen unterschiedlich und erreicht in den Südstaaten mit einem Anwachsen von 51% gegenüber den Werten von 1929 ihren höchsten Wert. Beim Ausbau der Wasserkraft werden auf Grund der Erfahrungen Trockenperioden mehr als bisher in Betracht gezogen.

Die neuen Ausbauten sind ein Spiegelbild der vorher abgegebenen Arbeit; daher ist für 1940/41 mit erheblichen weiteren Kraftwerks- und Übertragungsanlagen zu rechnen, die vermutlich 2000 MW überschreiten werden. Die Anteile der Dampf- und Wasserkraft hängen von den gebietweisen Verhältnissen ab. Für 1939 ist gegenüber den beiden Vorjahren der vermehrte Ausbau von Übertragungsleitungen und Unterwerksbauten kennzeichnend, was durch die angewachsenen Last- und Erzeugungswerte erklärt wird. Die wichtigsten neueren gebauten bzw. bis 1940/41 geplanten Werke sind mit ihren Anschlußwerten angegeben.

Die Jahresbenutzungsdauer der Dampfkraftwerke erreichte 1939 ihren bisherigen Höchstwert mit über 3000 h, was durch die angestiegene Leistungsabgabe und die auftretende Dürre mit absinkender Wasserkraft seine Erklärung findet. Infolge der Trockenheit lag in der zweiten Jahreshälfte trotz angestiegenen Bedarfes die Stromabgabe der Wasserkraftwerke unter den Werten von 1938. Die Jahresbenutzungsdauer der Wasserkraftwerke lag 1939 etwas unter 4000 h; sie weist gebietweise starke Unterschiede auf. 1939 ging eine Reihe bemerkenswerter Hochdruck-Turbogeneratoren in Betrieb. Hinsichtlich des wärmewirtschaftlichen Wirkungsgrades wurden neue Bestwerte der Brennstoffausnutzung erreicht. Energiemäßig lag also im Berichtsjahr das Übergewicht bei der durch feste Brennstoffe erzeugten Dampfkraft, während Gas als Brennstoff weiter abfiel und dem Öl nur eine geringe Bedeutung zukommt. *E. T.*

DK 621.311.11.001

Standortfrage großer Dampfkraftwerke und Verbundnetze. [Nach L. Musil, Elektrizitätswirtsch. 29 (1940) S. 272; 3 S., 3 B.]

Bei der Wahl des Standortes großer Dampfkraftwerke wird als maßgebend betrachtet: 1. Aufwand für die Heranschaffung des Brennstoffes, 2. Kühlwasserversorgung, 3. Lage zu den Hauptabgabepunkten für die elektrische Energie bzw. Aufwand für den Stromtransport. Während beispielsweise bei Spitzenkraftwerken Punkt 3 ausschlaggebend ist, sind bei Grundlastwerken in Verbundnetzen Punkt 1 und 2 von größerem Einfluß auf die Standortwahl. Bei Braunkohlenkraftwerken führt die Abwägung von 1 und 3 vornehmlich zur Errichtung des Kraftwerkes auf der Grube.

In neuerer Zeit sind jedoch hinsichtlich der Standortwahl weitere Gesichtspunkte hinzugetreten, und zwar 4. Rücksichtnahme auf die allgemeine Wasserwirtschaft, 5. Entlastung der Verkehrswege von Transporten über weite Strecken, 6. Vermeidung von Merkmalen, die das Kraftwerk als solches aus großer Entfernung kenntlich machen (Kühlturmschwaden), 7. Rücksichtnahme auf die Erfordernisse der allgemeinen Raumordnung.

Der Zusatzwasserbedarf für eine große Kraftwerksleistung kann bei der im allgemeinen vorhandenen Wasserarmut inner-

---

[1]) VDI-Verlag, Berlin. Preis 1 RM.
[2]) Reichsgesetzblatt (1938) I, S. 40.
[3]) H. P. Meister, Das Recht des Architekten. Berlin 1939, Bauwelt-Verlag. 213 S. Preis 6,50 RM.

halb eines Kohlenreviers für die allgemeine Wasserwirtschaft eine erhebliche Rolle spielen. Der Entzug dieser Wassermenge führt unter Umständen zur Schädigung anderer Belange. Die Entlastung der Verkehrswege von Kohlentransporten für die Elektrizitätserzeugung gewinnt mit steigendem Güterumsatz an Bedeutung. Die Verwirklichung dieser Forderung führt zwangläufig zu einer Verlagerung der großen Steinkohlenkraftwerke nach den Kohlenrevieren hin. Die Erfüllung von Punkt 6 bedeutet die Verwendung von Frischwasserkühlung und damit die Errichtung des Kraftwerkes an Flußläufen mit ausreichender Wasserführung.

An zwei durchgerechneten Fällen wurden die Grenzen, innerhalb deren eine Verlagerung des Kraftwerkstandortes von der Grube wirtschaftlich ist, abgeleitet. Hierbei wurde das Kraftwerk auf der Grube mit Rückwasserkühlung, das außerhalb des Reviers liegende mit Frischwasserkühlung arbeitend angenommen, die Stromverbrauchszone in beiden Fällen das eine Mal in die Nähe des Grubenkraftwerkes, das andere Mal in die Gegend des Kraftwerkes außerhalb des Reviers gelegt. Ferner wurden diese Berechnungen für ein Steinkohlen- und ein Braunkohlenkraftwerk in der Größe von 200 bis 250 MW Leistung durchgeführt. Die Kosten wurden in Abhängigkeit von den Transportwegen ermittelt; berücksichtigt wurden Einlaufbauwerke und Wasserzins, Kühlturmkosten, Kesselmehrkosten und Mehrkohlenverbrauch bei dem Werk mit Rückkühlbetrieb gegenüber dem Werk mit Frischwasserkühlung, die Kohlenzubringung, die bei dem Werk im Grubengebiet mittels Bahn, aus mehreren Gruben erfolgend, angenommen und mit 12 km mittlerer Transportentfernung eingesetzt wurde, die Kühlwasserzuleitung für das Grubenkraftwerk mit rd. 20 km Länge und der Stromtransport. Die Untersuchungen zeigen, daß das Werk am Grubenrand, wenn es innerhalb der Verbraucherzone liegt, als Steinkohlen- und Braunkohlenwerk wirtschaftlich erheblich überlegen ist. Selbst wenn der Strom in das Grubengebiet zurücktransportiert werden muß, liegt die Wirtschaftlichkeitsgrenze für die obengenannte Kraftwerksgröße, je nachdem das Zusatzwasser an Ort und Stelle vorhanden ist oder über 20 km herangeschafft werden muß, bei dem Steinkohlenkraftwerk bei 25 bzw. 35 km Transportweite, bei dem Braunkohlenkraftwerk bei 15 bzw. 25 km Transportweite. Diese wirtschaftlich tragbaren Entfernungen vergrößern sich, wenn der Einspeisepunkt in ein Verbundnetz von dem Grubenkraftwerk und vom Werk am Revierrand etwa gleich weit entfernt ist; sie würde in dem durchgerechneten Beispiel bei dem Steinkohlenkraftwerk bei 45 bzw. 60 km Transportweite, bei dem Braunkohlenkraftwerk bei 25 bzw. 40 km Transportweite liegen. Die größere Wirtschaftlichkeit des Werkes am Revierrand beruht vorwiegend auf der wirtschaftlichen Überlegenheit der Frischwasserkühlung gegenüber der Rückkühlung.

Wenn die vorgenannten Untersuchungsergebnisse auch nur für bestimmte Verhältnisse gelten und von Fall zu Fall je nach den örtlichen Gegebenheiten abweichen, so sprechen sie dennoch für ein mit Frischwasserkühlung arbeitendes Kraftwerk. Zugleich wird damit auch die Frage der Errichtung kleinererKraftwerke auf den einzelnen Gruben beantwortet, deren einziger Vorteil in dem Wegfall des Kohlentransportes bestehen würde. Selbst bei Abfallkohle, also höheren Transportkosten je kWh, ist das Großkraftwerk am Revierrand, vor allem bei Steinkohlenfeuerung, wirtschaftlich überlegen, besonders wenn man berücksichtigt, daß im Falle der Dezentralisation der Aufwand für den Energietransport von den einzelnen Werken zum Einspeisepunkt höher ist. Die vielleicht niedrigeren Anlagekosten, die bei Erweiterungen von Grubenkraftwerken entstehen, werden durch die höheren Betriebskosten der kleineren Anlagen aufgehoben. Zudem sind noch die Gesichtspunkte 4, 6 und 7 sowie die größere Anpassungsfähigkeit eines im Verbundnetz als Stützpunkt arbeitenden Großkraftwerkes an die jeweiligen Belastungsanforderungen zu berücksichtigen. *ele.*

DK 621.311.1(41/42)

Die britische Stromversorgung. [Nach Engineering 148 (1939) S. 558; 1 S.]

J. Wright, der Leiter der zentralen britannischen Elektrizitätskommission des Gridsystems, gab in seinem Bericht bereits an anderer Stelle behandelte Betriebserfahrungen mit dem Großverbundnetz wieder[1]). Danach hat sich diese Art der Stromversorgung mit weitgehender Vereinheitlichung und staatlicher Lenkung gut bewährt und findet zunehmende Billigung auch in den Kreisen, die ihr anfänglich bei ihrer Einführung ablehnend gegenüberstanden. Durch Verwertung der gesammelten Erfahrungen gelang es, eine hohe Stufe der Betriebssicherheit zu erreichen, so daß auch im 132 kV-Hochspannungsnetz Betriebsunterbrechungen zu den Seltenheiten zählten. Die Leitungen erhielten vielfach Schwingungsdämpfer und in den klimatisch oder durch Niederschläge anderer Art besonders gefährdeten Gebieten Isolatoren besonderer Form. Die umfangreichen Schutzeinrichtungen sollen sich bewährt haben. Die eingehenden Prüfungen der Einrichtungen wirkten sich für den Betrieb günstig aus, was neben der Beeinflussung der Gerätefabrikation als weiterer mittelbarer Einfluß des Gridsystems auf die britische Elektroindustrie gewertet wird. Schließlich bot das Großverbundnetz Gelegenheit, an einzelnen Punkten besondere Bauarten, wie Regeltransformatoren, zu erproben und Wanderwellenvorgänge zu erforschen, wobei die gesammelten Erfahrungen allen Stellen zugänglich gemacht werden konnten.

Zu den Aufgaben der Kommission gehört außer der Stromverteilung noch die Aufgabe, den neu hinzukommenden Strombedarf zu decken und einen entsprechenden Ausbau der Anlagen zu planen. Infolge der Zusammenfassung aller Erzeugungswerke kann die Erzeugung zweckentsprechend geschehen und dem Verbrauch weitgehend angepaßt werden; dabei wird versucht, beim Ausbau die verschiedenen Einflüsse gegeneinander abzuwägen und in Übereinstimmung zu bringen. Grundsätzlich wird der Standort neuer Generatoren nach dem Gesichtspunkt der größten Wirtschaftlichkeit bestimmt, wobei aber Übertragungskosten und die anderen Einflüsse der Belastungszentren berücksichtigt werden. Insbesondere wurde der Frage der Kessel mit ihrem Einfluß auf Anlage- und Betriebskosten von Seiten der Verwaltung erhöhte Aufmerksamkeit geschenkt; durch die Ausführung größerer Verbrennungskammern mit höherer Wärmeausnutzung durch Strahlung erscheint eine bessere Ausbeute des Brennstoffes erreichbar. Durch Nebenproduktgewinnung und Senkung des Eigenbedarfes sollen weitere Vorteile wirtschaftlicher und technischer Art erzielt werden. *am.*

[1]) ETZ 61 (1940) H. 40, S. 922.

DK 621.311.21.003(494)

Bau- und Betriebskosten schweizerischer Wasserkraftwerke. [Nach A. Härry, Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 31 (1940) S. 254; 2 S., 3 B., 5 Taf.]

Die stark schwankenden natürlichen und örtlichen Verhältnisse bedingen bei Wasserkraftwerken erhebliche Unterschiede von Bau- und Betriebskosten. Auf Grund von Erfahrungswerten und mit Schätzungen entwirft A. Härry einen zusammenfassenden Überblick über die Anlage- und Betriebskosten schweizerischer Wasserkraftwerke, wobei die neueren Anlagen mit ausgewertet sind. Dabei wird zwischen Speicherwerken mit Jahresspeichern, Spitzenwerken mit Ausgleichsbecken und Laufwerken für Hoch- und Niederdruck ohne Ausgleichsbecken unterschieden. Aus einer statistischen Auswertung sämtlicher schweizerischen Wasserkraftwerke, umfassend 67 Inland- und Grenzwerke mit einer Nennleistung von über 1,69 Mrd kW mit einer mittleren Jahreserzeugung von $7409 \cdot 10^6$ kWh und 1241 Mrd Fr. Baukosten, wurden die Hauptergebnisse abgeleitet; diese umfassen den Baukostenverlauf und die jährlichen Betriebskosten je kW Nennleistung in Abhängigkeit von der jährlichen Benutzungsdauer. Danach betragen die mittleren jährlichen Betriebskosten im Mittel 9,21% der Baukosten. Bei den verschiedenen Bauverhältnissen ergibt sich gleichartig eine Zunahme der Anlagekosten je kW und eine Abnahme der Kosten der erzeugbaren kWh mit zunehmender Gebrauchsdauer. Auch die Betriebskosten je kW weisen mit steigender Jahresbenutzung eine Zunahme, die Kosten je kWh eine entsprechende Absenkung auf. Die Gestehungskosten je Jahres-kW ab Werk betragen für die Laufwerke im Mittel 189 Fr. Die spezifischen Anlage- und Betriebskosten bei günstigen und ungünstigen Verhältnissen sind für die verschiedenen Größen bzw. Werkarten in Tabellen zusammengestellt. Hierbei wurde eine 100%ige Ausnutzung der Werkenergie und eine Verzinsung von 5% angenommen, so daß die Werte die reinen Selbstkosten ohne Gewinn und Sicherheitszuschlag infolge schwankender Belastung darstellen. Bei Berücksichtigung dieser Umstände sind die angegebenen Zahlen um etwa 37% zu erhöhen. *Tsch.*



VERSCHIEDENES

BEKANNTMACHUNGEN

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker
(Eingetragener Verein)
Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus
Fernsprecher: 30 06 31 — Postscheckkonto: Berlin 213 12
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00
Postscheckkonto der ETZ-Verlag G. m. b. H.: Berlin 223 84

Maschinen

Der Ausschuß für Maschinen hat im Laufe der letzten Zeit eine Reihe von Änderungen und Ergänzungen zu

VDE 0530• „Regeln für elektrische Maschinen"

vorgenommen, die als Entwurf in ETZ 62 (1941) H. 12, S. 313 veröffentlicht sind. Hierzu wird in einem der nächsten Hefte der ETZ noch ein Einführungsaufsatz erscheinen.

Durch die vorstehend erwähnten Änderungen wird gleichzeitig eine Änderung von

VDE 0530 U „Umstell-Vorschriften für elektrische Maschinen"

notwendig, die als Entwurf in ETZ 62 (1941) H. 12, S. 314 veröffentlicht ist.

Begründete Einsprüche zu den beiden genannten Entwürfen können bis zum 19. April 1941 bei der Geschäftstelle eingereicht werden.

Drähte und Kabel

Der Ausschuß für Drähte und Kabel hat eine Änderung von

VDE 0250 K/IX.40 „K-Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen"

aufgestellt, deren Wortlaut der Vorsitzende des VDE im März 1941 genehmigt und mit dem 1. April 1941 in Kraft gesetzt hat.

Sonderdrucke dieser Änderung VDE 0250 Kb/III.41 können bei der ETZ-Verlag G.m.b.H., Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, zum Preise von je RM. 0,10 bezogen werden.

Der Ausschuß für Drähte und Kabel hatte in ETZ 61 (1940) S. 1153 bzw. 1159 den endgültigen Wortlaut der Änderungen an

VDE 0250 U „Umstell-Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen"

bekanntgegeben. Diese Änderungen sind am 12. Dezember 1940 in Kraft getreten. In dieser Veröffentlichung befinden sich einige Unklarheiten, die nachstehend berichtigt werden:

In § 8 d) ist nur der 1. Absatz mit der zugehörigen neuen Tafel IV a wiedergegeben. Der 2. Absatz „Bei dieser Prüfung darf der Metallmantel nicht reißen und der Falz nicht aufgehen" bleibt bestehen.

Die Überschrift zu § 16 erhält entsprechend VDE 0250 folgende Fußnote:

*) Nach § 19[1] I von VDE 0100/IX. 39 auch zur festen Verlegung zulässig.

Die bisherige Fußnote zu § 17 bezüglich der festen Verlegung von NSH (UV) in Bergwerken unter Tage wird gestrichen. Stattdessen wird dieselbe Fußnote wie zu § 16 aufgenommen.

In dem kürzlich erschienenen Sonderdruck VDE 0250 Uf/X. 40 ist außerdem noch folgendes zu berichtigen:

In § 16 ist die Nennspannung mit 250 V angegeben. Die richtige Angabe muß entsprechend VDE 0250 U/V. 40 (ETZ 1940, S. 569) wie folgt lauten:

Nennspannung: Querschnitte von 0,75 bis 1,5 mm² 250 V,
Querschnitte von 2,5 bis 6 mm² 750 V.

Sicherungswesen

Der Ausschuß für Sicherungswesen hat eine neue Bestimmung

VDE 0635 K „K-Vorschriften für Leitungsschutzsicherungen mit geschlossenem Schmelzeinsatz 500 V bis 200 A"

aufgestellt.

Der Wortlaut von VDE 0635 K wurde im März 1941 durch den Vorsitzenden des VDE genehmigt und tritt am 1. April 1941 in Kraft. Sonderdrucke sind bei der ETZ-Verlag GmbH. erhältlich.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
Der Geschäftsführer
Viefhaus

Sonderdrucke von neuen VDE-Arbeiten

Bei der ETZ-Verlag GmbH., Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 — VDE-Haus, sind die Sonderdrucke der folgenden neuen VDE-Arbeiten zu den dabei genannten Preisen erhältlich:

	RM
VDE 0100 K/I. 41 „K-Vorschriften nebst Ausführungsregeln für die Errichtung von Starkstromanlagen mit Betriebsspannungen unter 1000 V", Neufassung, gültig ab 23. Januar 1941	0,10
VDE 0108/XII. 40 „Vorschriften für Errichtung und Betrieb elektrischer Starkstromanlagen in Theatern, Versammlungsräumen, Zirkusanlagen, Lichtspieltheatern, Waren- und Geschäftshäusern sowie in fliegenden Bauten unter freiem Himmel", Erstfassung, gültig ab 1. Januar 1941	0,50
VDE 0121/XII. 40 „Vorschriften für den Hochspannungsschutz in nichtmedizinischen Röntgenanlagen", Neufassung, gültig ab 1. April 1941	0,10
VDE 0190/VII. 40 „Richtlinien für die Benutzung des Wasserrohrnetzes zur Erdung in elektrischen Starkstromanlagen mit Betriebsspannungen bis 250 V gegen Erde", Erstfassung, gültig ab 1. Juli 1940	0,30
VDE 0210g/XII. 40 „Vorschriften für den Bau von Starkstrom-Freileitungen", 10. Änderung, gültig ab 1. Februar 1941	0,10
VDE 0250 Uf/X. 40 „Umstell-Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen", 7. Änderung, gültig ab 12. Dezember 1940	0,20
VDE 0318b/XII. 40 „Leitsätze für Hartpapier und Hartgewebe", 2. Änderung, gültig ab 1. Januar 1941	0,10
VDE 0320a/XI. 40 „Leitsätze für nichtkeramische, gummifreie Isolierpreßstoffe", 1. Änderung, gültig ab 1. Januar 1941	0,10
VDE 0335/XI. 40 „Leitsätze für die Prüfung keramischer Isolierstoffe", Neufassung, gültig ab 1. Januar 1941	0,70
VDE 0360/XII. 40 „Leitsätze für die Prüfung von Isolierlacken", Erstfassung, gültig ab 1. Januar 1941	0,20
VDE 0414/X. 40 „Regeln für Wandler", Neufassung, gültig ab 1. Januar 1941	0,60
VDE 0540/XII. 40 „Regeln für Gleichstrom-Lichtbogen-Schweißgeneratoren und -umformer", Neufassung, gültig ab 1. Februar 1941	0,20



VDE 0541/XII. 40 „Regeln für Lichtbogen-Schweißtransformatoren", Erstfassung, gültig ab 1. Februar 1941 . . . 0,20
VDE 0608 Ka/XI.40 „K-Leitsätze für Klemmen zum Anschluß von Zinkleitern mit 2,5 mm² Nennquerschnitt an Installationsmaterial", 1. Änderung, gültig ab 12. Dezember 1940 0,10
VDE 0610 g/XII. 40 „Vorschriften, Regeln und Normen für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial bis 750 V Nennspannung", 8. Änderung, gültig ab 1. Februar 1941 0,10
VDE 0635 b/XI. 40 „Vorschriften für Leitungsschutzsicherungen mit geschlossenem Schmelzeinsatz 500 V bis 200 A, 2. Änderung, gültig ab 16. Januar 1941 0,10
VDE 0670 a/XII. 40 „Regeln für Wechselstrom-Hochspannungsgeräte", 1. Änderung, gültig ab 1. Januar 1942 0,30
VDE 0720 a/IX. 40 „Vorschriften für Elektrowärmegeräte", 1. Änderung, gültig ab 17. Oktober 1940 . . 0,10
VDE 0804/XII. 40 „Vorschriften für Fernmeldegeräte", Neufassung, gültig ab 1. März 1941 0,50
0875/XII. 40 „Regeln für die Hochfrequenzentstörung von elektrischen Maschinen und Geräten für Nennleistungen bis 500 W", Erstfassung, gültig ab 1. Januar 1941 0,10

Ferner erschien in neuer Auflage der Sonderdruck der „Verwaltungs-Vorschriften der Reichsbahn, Reichspost und Reichswasserstraßenverwaltung für Kreuzungen mit fremden Starkstromanlagen nebst Richtlinien des Reichswirtschaftsministeriums über Kreuzung der Reichsautobahnen mit Elektrizitätsversorgungsanlagen" . . . . . 0,70 Das hierin enthaltene „Verzeichnis der Reichswasserstraßen, bei deren Kreuzung § 35 von VDE 0210 zu beachten ist", berücksichtigt nunmehr die durch die Eingliederung im Osten geschaffenen neuen Verhältnisse.

Bezirk Berlin

vormals Elektrotechnischer Verein

(Gegründet 1879)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 I, VDE-Haus
Fernsprecher: 30 06 31

Fachversammlung

des Fachgebietes „Leitungstelegraphie und -telephonie"
Leiter: Direktor Professor K. Küpfmüller VDE

Vortrag

des Herrn Dipl.-Ing. P. Mentz VDE, Berlin, am Dienstag, dem 1. April 1941, um 18³⁰, in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Hörsaal EB 301, über das Thema:

„Werkstofffragen der Nachrichtentechnik.
II. Leitungen und Kabel"

Eintritt und Kleiderablage frei.

Vortragskurse für Ingenieure

In ETZ 62 (1941) S. 302 wurde auf die Veranstaltung der folgenden drei seminaristischen Kurse für Fachschulingenieure hingewiesen:

1. Grundlagen der Gleichstromtechnik (Strömung und Felder),
2. Grundlagen der Wechselstromtechnik,
3. Elektrische Meßtechnik.

Der Meldeschluß ist am 26. 3. 1941.

Arbeitsgemeinschaften (Technischer Nachwuchs)

Die Teilnahme ist frei. VDE-Mitgliedschaft ist nicht Bedingung.

Meßtechnik. Leiter: Dr.-Ing. H. F. Grave VDE.
24. März 1941, 18^{00}, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. Vortragsreihe: Feinmeßtechnik. „Meßgeräte mit unterdrücktem Anfangsbereich". Vortragender: Dipl.-Ing. W. Oesinghaus VDE.

Installationstechnik. Leiter: Dipl.-Ing. R. Schamberger VDE.
25. März 1941, 18^{00}, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. „Elektrische Installationen in der Landwirtschaft". Vortragender: Dipl.-Ing. W. Kind VDE.

Elektrotechnisches Rechnen. Leiter: Dr.-Ing. L. Mirow VDE.
26. März 1941, 18^{00}, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer.
„Übungen zur Nomographie und graphischen Behandlung praktischer Aufgaben". Vortragende: Dipl.-Ing. M. Zühlke VDE und Physiker Macht.

Hochfrequenztechnik. Leiter: Dr.-Ing. F. W. Gundlach VDE.
27. März 1941, 18^{00}, im Hörsaal HG 141 der Technischen Hochschule zu Charlottenburg. Vortragsreihe: Trägerfrequenztechnik. „Trägerfrequenzsysteme" Vortragender: Dr. v. Werther.

Hochspannungstechnik. Stellv. Leiter: Dipl.-Ing. Fr. Schultheiss VDE.
28. März 1941, 18^{00}, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. „Erzeugung höchster Spannungen". Vortragender: Dr.-Ing. K. Schmidt VDE.

VDE Bezirk Berlin
vormals Elektrotechnischer Verein
Der Geschäftsführer
Burghoff

Sitzungskalender

VDE Bezirk Danzig. 24. 3. (Mo), 20^{15}, TH.: „Ausführungsbeispiele über stromrichtergesteuerte Walzwerksantriebe" (m. Lichtb. u. Film). Obering. H. Bauer VDE.

VDE Bezirk Nordmark, Kiel. 28. 3. (Fr), 18^{30}, Phys. Inst.: „Blitze in der Natur und im Laboratorium". Dr.-Ing. R. Foitzik VDE.

VDE Bezirk Oberschlesien, Gleiwitz. 21. bis einschl. 28. 4. (Mo bis Mo): Ausstellung schlagwetter- und explosionsgeschützter Betriebsmittel in Kattowitz (mit Vortrag). Alle Firmen, die sich an der Ausstellung beteiligen wollen, werden gebeten, sich umgehend beim VDE Bezirk Oberschlesien, Gleiwitz, Straßburger Allee 12/14 zu melden.

VDE Bezirk Ostsachsen, Dresden. 27. 3. (Do), 18^{30}, El. Inst. TH.: „Fortschritte im Bau elektrischer Industrieöfen". Dipl.-Ing. K. A. Lohausen VDE.

Deutsche Lichttechnische Gesellschaft, Bezirksgruppe Berlin. 27. 3. (Do), 17^{30}, TH.: „Über die Beeinflussung der Charakteristik von Photoelementen durch die spektrale Zusammensetzung der auffallenden Beleuchtung" (mit Lichtb.). Dr.-Ing. A. Dresler DLTG.

Bezirksgruppe Essen. 27. 3. (Do), 15^{30}, Haus der Technik: „Die Leuchtstoffe als Bauelement von Lichtquellen". Dr. habil. N. Riehl DLTG.

Bezirksgruppe Kurhessen, Kassel. 21. 3. (Fr.), 19^{00}, Hessisches Landesmuseum: „Gutes Licht als soziale Forderung und die Pflege der Verbreitung lichttechnischer Kenntnisse in Deutschland". Dr. W. Köhler VDE, DLTG.

Bezirksgruppe Württemberg - Hohenzollern, Stuttgart. 27. 3. (Do), 19^{30}, Technische Werke der Stadt Stuttgart: „Die neuen Lichtquellen in der Beleuchtungsplanung". Dir. Dipl.-Ing. Joh. Schaer DLTG.

PERSÖNLICHES

Hochschulnachrichten. — Herr Oberpostrat Dr.-Ing. habil. Friedrich Vilbig VDE ist unter Zuweisung an die Fakultät für Maschinenwesen der TH. München zum Dozenten für das Fach Hochfrequenztechnik einschließlich Fernsehtechnik ernannt worden.

EINGÄNGE

Bücher

Elektrische und wärmetechnische Messungen. Herausg. von der Werbeabteilung der Hartmann & Braun A. G., Frankfurt a. M. Mit 111 B. u. 92 S. im Format 103 × 140 mm.

[Das Büchlein enthält in alphabetisch geordneten Abschnitten die wichtigsten Meßgrößen und Meßverfahren sowie die praktische Ausführung der Messungen grundsätzlich und leicht verständlich behandelt. Es soll damit dem Praktiker und dem Studierenden die Möglichkeit gegeben werden, sich schnell über das Wesentliche zu informieren.]

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Dipl.-Ing. F. Grünwald VDE, Berlin-Steglitz, Munsterdamm 32
Ing. F. Lucan VDE, Berlin-Nikolassee, Prinz-Friedrich-Leopold-Str. 48
Dr. E. A. W. Müller, Berlin-Siemensstadt, Lenther Steig 16
Dipl.-Ing. W. Rödiger VDE, Berlin W 35, Buchenstr. 5

Abschluß des Heftes: 14. März 1941

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE (z. Z. im Felde)
G. H. Winkler VDE (z. Z. im Felde)
H. Hasse VDE und B. Henrichs VDE

Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

62. Jahrgang | Berlin, 27. März 1941 | Heft 13

Neue Erkenntnisse über den Lichtbogenschutz von Freileitungsisolatoren

(Mitteilung einer Gemeinschaftsarbeit der Firmen BBC, Mannheim, Hescho, Hermsdorf, Rosenthal-Isolatoren G.m.b.H., Selb und Stemag, Holenbrunn) [1]

Von Hans Ziegler VDE, Selb

DK 621.315.622.8

Übersicht. Die Schutzwirkung von Lichtbogenschutzarmaturen wurde im Bereich praktisch wichtiger Lichtbogenstromstärken unter verschiedenen Verhältnissen untersucht. Ergebnisse über den Erhaltungszustand der Isolatoren und den Lichtbogenablauf werden mitgeteilt und die für die Wirkungsunterschiede verschiedener Schutzarmaturen maßgebenden Einflüsse ermittelt. Die gewonnenen Erkenntnisse können zum Entwurf neuartiger Schutzarmaturen mit vorausbestimmbaren Wirkungen verwendet werden.

Praktisch auftretende Lichtbogenstromstärken

Die Betriebserfahrungen an Hochspannungsfreileitungen zeigen, daß Lichtbogenüberschläge an Freileitungsisolatoren nicht vollkommen vermieden werden können, und daß bei Lichtbogenüberschlägen trotz Anwendung bisher üblicher Schutzarmaturen zuweilen Beschädigungen der Isolatoren auftreten. Die Schutzwirkung von Lichtbogenschutzarmaturen ist verschiedentlich untersucht worden[2], doch sind die von verschiedenen Seiten gewonnenen Ergebnisse nicht völlig übereinstimmend. Insbesondere lassen die bisherigen Untersuchungen grundsätzliche Unterschiede in der Wirkungsweise der Ring- und Hornarmaturen als den beiden Grundformen nicht eindeutig erkennen. Gelegentlich der Entwicklung des Motor-Langstabisolators, des ersten Freileitungsisolators, der zwangläufig mit Lichtbogenschutzarmaturen verwendet wird[3], war es daher wichtig, über die Wirkungsweise der Schutzarmaturen Klarheit zu schaffen, um für den in elektrischer und mechanischer Hinsicht hochwertigen neuen Isolator durch Anwenden der bestgeeigneten Schutzarmatur auch völlige Lichtbogensicherheit zu erzielen. Zu diesem Zweck wurden durch eine Arbeitsgemeinschaft systematische Untersuchungen über die Schutzwirkung von Lichtbogenschutzarmaturen durchgeführt.

Motor-Langstabisolatoren sind vorerst für Hochspannungsleitungen mit Nennspannungen bis zu 125 kV vorgesehen. Die in derartigen Leitungen bei Lichtbogenüberschlägen vorkommenden Lichtbogenstromstärken umfassen je nach den elektrischen Eigenschaften des Leitungsnetzes und dem Charakter der Störung den gesamten Stromstärkenbereich von einigen A bis zu mehreren tausend A. Die kleinsten Lichtbogenstromstärken von einigen A bis in den Bereich um 100 A treten nur in gut kompensierten Netzen bei einphasigen Erdschlüssen auf. Bis zu Stromstärken von etwa 50 A verlöschen dabei im allgemeinen derartige Erdschlußlichtbögen bzw. Erdschlußwischer durch die Löschwirkung der Kompensationseinrichtung selbständig innerhalb weniger Perioden und sind daher für hochwertige Isolatoren ungefährlich. Lichtbögen einphasiger Erdschlüsse mit Stromstärken über 100 A bis zu mehreren hundert A kommen in schlecht kompensierten und vor allem in unkompensierten Netzen vor. Eine Selbstlöschung tritt bei diesen Lichtbögen im allgemeinen nicht auf, so daß sie erst durch Abschalten der betreffenden Leitung gelöscht werden können und daher je nach Stromstärke und Wirkungsdauer die Isolatoren mehr oder weniger gefährden. Noch höhere Lichtbogenstromstärken bis zu mehreren tausend A treten bei mehrphasigen Erdschlüssen und Kurzschlüssen auf. Obwohl durch die neuzeitlichen Leitungsschutzanlagen beim Auftreten von Lichtbögen dieser hohen Leistung in der Regel ein rasches Abschalten des gestörten Netzteiles stattfindet, so haben die praktischen Erfahrungen doch gezeigt, daß derartige Hochleistungslichtbögen trotz ihrer meist begrenzten Wirkungsdauer die größte Gefährdung für die Isolatoren darstellen. Die thermische Leistung des Hochstromlichtbogens vermag innerhalb der normalerweise kurzen Wirkungsdauer bereits erhebliche Isolatorenbeschädigungen hervorzurufen und führt bei längerer Wirkungsdauer zu Zerstörungen.

Lichtbogenschutzarmaturen, die den Erfordernissen der Praxis Rechnung tragen, müssen daher einerseits die Isolatoren gegen die im Strombereich von etwa 50 A bis zu einigen hundert A vorkommenden und nur bei längerer Wirkungsdauer gefährlichen Erdschlußlichtbögen schützen, sie müssen aber anderseits ganz besonders geeignet sein, die schon bei kurzer Wirkungsdauer gefährlichen Lichtbögen hoher Stromstärken von den Isolatoren fernzuhalten. Die Lichtbogenversuche wurden dementsprechend, nachdem Ergebnisse über Versuche mit etwa 5000 A bereits vorlagen[4], zunächst mit Stromstärken von etwa 850 bis 1450 A, sodann mit Stromstärken von etwa 400 bis 700 A und schließlich mit Stromstärken von 0,5 bis 120 A durchgeführt.

---

[1]) Nach Vorträgen des Verfassers in den Bezirksversammlungen der VDE-Bezirke Breslau, Dresden, Frankfurt a. M., Graz, Hindenburg, Innsbruck, Linz, München, Stuttgart, Wien sowie einem Vortrag in Agram. Über die Gemeinschaftsarbeit wurden weiterhin von F. Obenaus in den Bezirksversammlungen der VDE-Bezirke Berlin, Danzig und Königsberg und von K. Schaudinn in der VDE-Arbeitsgemeinschaft (Technischer Nachwuchs) Berlin Vorträge gehalten. — Die Leitung und Auswertung der Versuche lag in den Händen der Herren E. Diehl, B. Gollhofer, Chr. Kneller, A. Schumann †, Mannheim, F. Obenaus, Hermsdorf, K. Schaudinn, Holenbrunn und des Verfassers. Zahlreichen weiteren Mitarbeitern der benutzten Prüffelder gebührt Dank für ihre Mitwirkung an der Versuchsdurchführung, ebenso der Firma I. W. Hofmann, Radebeul, für die Anfertigung und Zurverfügungstellung von Schutzarmaturen.

[2]) K. Draeger, Rosenthal-Mitt. (1928) H. 14, (1929) H. 15, (1930) H. 16, (1931) H. 18; Harald Müller, Hescho-Mitt. (1928) H. 41/42, (1929) H. 44/45, (1929) H. 47/48.

[3]) F. Obenaus, Hescho-Mitt. (1938) H. 78/79; K. Schaudinn, Stemag-Nachr. (1938) H. 16/17; H. Ziegler, ETZ 60 (1939) S. 353.

[4]) F. Obenaus, Hescho-Mitt. (1938) H. 78/79; E. Diehl, Cigre (1939), Bericht 222.



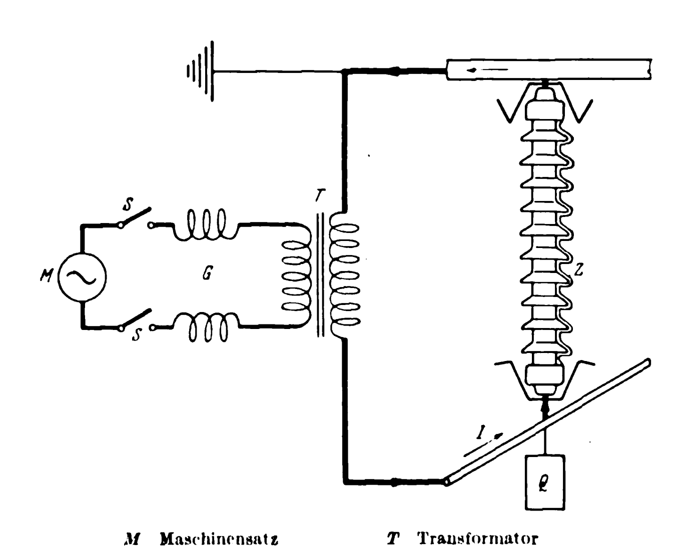
1. Durchführung der Versuche

Um die bei Lichtbogenversuchen in Prüffeldern gewonnenen Ergebnisse ohne Fehlschlüsse in die Praxis des Freileitungsbetriebes übertragen zu können, ist es erforderlich, bei den Versuchen die praktischen Verhältnisse weitestgehend nachzuahmen. Die räumliche Anordnung von Isolator einschließlich Schutzarmaturen, Leitung und Masttraverse muß naturgetreu nachgebildet werden, und die verwendeten Generatoren müssen ausreichend bemessen sein, um selbst langdauernde Hochstromlichtbögen ohne wesentlichen Leistungsrückgang aufrechtzuerhalten. Nur wenige Hochleistungsprüffelder Europas vermögen den hinsichtlich Leistung und Leistungskonstanz zur Nachahmung praktischer Netzverhältnisse zu stellenden Anforderungen zu genügen. Um Fehlschläge zu vermeiden, die aus der Durchführung von Versuchen in nur einem Prüffeld durch diese Einflüsse erwachsen könnten, wurden die Lichtbogenversuche in fünf verschiedenen Prüffeldern[5]) durchgeführt.

Den grundsätzlichen Aufbau und die Schaltung der verwendeten Versuchsanordnung zeigt Bild 1. Der zu untersuchende Isolator einschließlich Schutzarmaturen ist an einer geerdeten Eisentraverse befestigt und trägt eine senkrecht zur Traverse verlaufende Leitung. Zur Nachbildung des statischen Leitungszuges ist der Isolator mit einem Gewicht Q belastet. Die elektrische Anlage besteht im wesentlichen aus einem Maschinensatz M, einem Schalter S, dem Transformator T und einer einstellbaren Impedanz G. Die Impedanz des Lichtbogenstromkreises und auch die Leerlaufspannung des Transformators müssen unbedingt den praktischen Netzverhältnissen angepaßt werden. Impedanz und Leerlaufspannung des Lichtbogenstromkreises sind zu einem Teil maßgebend für den Verlauf des Lichtbogens, da durch diese beiden Werte die Stromverhältnisse und Existenzbedingungen des Lichtbogens bei auftretender Verlängerung der Lichtbogenbahn gegeben sind. Die Nichtbeachtung dieser Einflüsse darf vielleicht teilweise für die Unterschiede in den Versuchsergebnissen früherer Untersuchungen verantwortlich gemacht werden.

Die Zündung von Lichtbögen an Freileitungsisolatoren wird im praktischen Leitungsbetrieb entweder durch Stoßüberschlag oder durch betriebsfrequenten Oberflächenüberschlag hervorgerufen. Betriebsfrequente Oberflächenüberschläge ereignen sich nach den bisherigen Erfahrungen und Untersuchungen nur bei Bildung eines Feuchtigkeitsvollbelages, z. B. durch Nebel oder Temperatursturz, an stark oder mit besonders leitfähigen Bestandteilen verschmutzten Isolatoren, wie sie an Leitungen in montanen und chemischen Industriegebieten angetroffen werden. Welche geringsten Verschmutzungszustände der Isolatoren dabei unter ungünstigsten Betriebsverhältnissen bereits zu Überschlägen führen können, ist zur Zeit noch Gegenstand laufender Untersuchungen. Eine Reihe ungeklärter Fälle von Lichtbogenüberschlägen, z. B. Sonnenaufgangsüberschläge, die mutmaßlich durch Oberflächenzündung an nahezu sauberen Isolatoren entstanden sind, werden sich vielleicht als Grenzfälle in die Gruppe dieser Verschmutzungsüberschläge einreihen lassen.

5) Die Hauptversuche fanden im Kurzschlußhaus der Aktiengesellschaft BBC, Baden (Schweiz), statt. Weitere Versuche wurden in den Prüffeldern von BBC, Mannheim, Hescho, Hermsdorf, und Rosenthal-Isolatoren G. m. b. H., Selb, sowie einige Vorversuchsreihen von seiten der Rosenthal-Isolatoren G. m. b. H. im Hochleistungsprüffeld der AEG durchgeführt.



M Maschinensatz — *T* Transformator
S Schalter — *Q* Belastungsgewicht
G einstellbare Impedanz — *Z* Zünddraht

Bild 1. Grundsätzliche Versuchsanordnung für die Lichtbogenversuche.

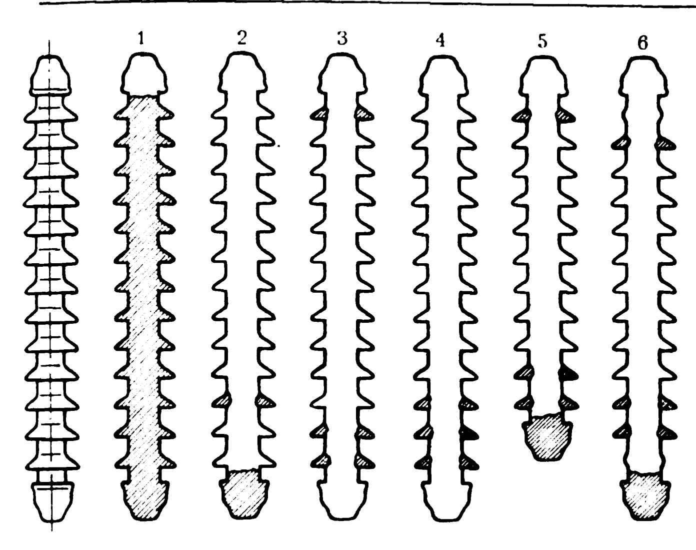
Sowohl die Zündung des Lichtbogens durch Stoßüberschlag als auch durch betriebsfrequenten Oberflächenüberschlag läßt sich bei Lichtbogenversuchen durch Anwendung metallischer Drahtüberbrückungen mittels sogenannter Zünddrähte nachbilden. Beim Zuschalten der Spannung wird der Zünddraht schlagartig zum Verdampfen gebracht, und die verbleibende glühende Metalldampfbahn ist eine naturgetreue Nachbildung der durch den Stoßfunken oder den Oberflächenüberschlag entstehenden Zündungsbahn. Für einwandfreie Ergebnisse ist dabei die sorgfältige Anpassung des Zünddrahtquerschnittes und des Drahtwerkstoffes an die jeweilige Lichtbogenstromstärke erforderlich. Außerdem muß die Befestigung des Zünddrahtes an den Isolatorkappen bzw. den Schutzarmaturen so geschehen, daß unverdampfte Drahtreste oder Schmelzperlen sich nicht an diesen festsetzen und den natürlichen Ablauf des Lichtbogens behindern können. Die Raumlage des Zünddrahtes muß der tatsächlichen Lage der Zündbahn der nachzuahmenden natürlichen Zündungsart entsprechen.

Die Einleitung von Lichtbögen durch Stoßzündung ist bei Motor-Langstabisolatoren mit Schutzarmaturen besonders günstig und einfach. Untersuchungen über den Verlauf von Stoßfunken[6]) an Motor-Langstabisolatoren haben ergeben, daß der Stoßfunke in allen Fällen zwischen den sich am nächsten liegenden Teilen der Schutzarmaturen verläuft. Die bei Isolatorenketten vielfach beobachtete Bildung von Kaskadenfunken ist wegen des Fehlens jeglicher metallischer Zwischenarmaturen beim Motor-Langstabisolator unmöglich. Der Motor-Langstabisolator zeigt also gegenüber Isolatorketten bei der Stoßzündung von Lichtbögen den Vorteil, daß die Zündung bereits an den Lichtbogenschutzarmaturen stattfindet und der Lichtbogen nicht erst von der Oberfläche des Isolators an die Schutzarmaturen überzugehen braucht. Die Nachbildung dieses Zündvorganges kann daher in einfacher Weise durch einen Zünddraht geschehen, der zwischen den für die natürliche Stoßzündung als Elektroden dienenden Teilen der Schutzarmaturen gespannt ist.

Bezüglich der Lichtbögen durch betriebsfrequente Oberflächenüberschläge muß zunächst festgestellt werden, daß der heute gebräuchliche normale Motor-Langstabisolator ebensowenig wie Isolatorenketten aus normalen Kappen- oder Vollkernisolatoren für die Verwendung in ausgesprochenen Verschmutzungsgebieten vorgesehen ist. Verschmutzungsgebiete erfordern in allen Fällen Sonderisolatoren, wie sie beispielsweise die bekannten Dreischirm-Nebelisolatoren der Kappentype darstellen und wie man sie auch bei Langstabisolatoren bereits versuchsweise entwickelt hat. Deshalb sind beim normalen Langstabisolator Lichtbogenzündungen auf Grund starker Industrieverschmutzungen nicht unmittelbar von praktischem Interesse, denn das Auftreten derartiger Fälle in der Praxis würde lediglich darauf hinweisen, daß für das betreffende Anwendungsgebiet Isolatoren der Verschmutzungsbauart am Platze sind.

6) Wie Fußnote 4.





1	2	3	4	5	6	
1390	1390	1470	710	1390	1450	I_w
1130	1050	965	555	1050	925	I_e
2,0	3,7	4,8	5,3	3,4	4,9	t

Bild 2a. Ohne Schutzarmaturen.

(Die schraffierten Teile der dargestellten Isolatoren entsprechen den durch den Lichtbogen abgesprengten oder beschädigten Teilen des Isolators.)

Ferner bedeuten: I_w Wechselstromanteil des Einschaltstromes (A)
I_e Endwert des Wechselstromes (A)
t Lichtbogendauer (s)

Wo in den Zahlentafeln Wertangaben fehlen, sind die genauen Werte nicht festgestellt worden. Die Stromstärken liegen dann innerhalb der genannten Grenzwerte, die Lichtbogendauer beträgt höchstens 5 s.

Bild 2a bis k. Erhaltungszustand von Motor-Langstabisolatoren nach Lichtbogenversuchen mit Stromstärken von 850 bis 1450 A und 555 bis 700 A bei Anwendung verschiedener oberer (o.) und unterer (u.) Schutzarmaturen.

Um aber bei den Lichtbogenversuchen die Zündbedingungen nicht zu günstig zu gestalten und Grenzfälle von Oberflächenüberschlägen an nahezu sauberen Isolatoren mit zu erfassen, wurde die Zündung im allgemeinen nicht als Stoß-, sondern als Oberflächenzündung am sauberen Isolator vorgenommen. Der Zünddraht Z wurde zu diesem Zweck, wie aus Bild 1 ersichtlich, zwischen den beiden Kappen des Isolators längs der Oberfläche des Isolierkörpers verlegt, wobei er jeweils zwischen den Schirmen durch Bindfäden festgehalten wurde. Bei Hornarmaturen lag der Zünddraht nicht gegenüber einem Schutzhorn, sondern zwischen zwei Schutzhörnern, um die ungünstigsten Bedingungen zu erfassen. Der so gezündete Lichtbogen entstand also an der Isolatoroberfläche und mußte genau so wie beim ungünstigsten natürlichen Oberflächenüberschlag erst an die Lichtbogenschutzarmaturen übergehen. In einigen Fällen wurden Kontrollversuche mit der für den Isolator ungefährlicheren Art der Stoßzündung zwischen den Armaturen vorgenommen. In ergänzenden Versuchen sind auch industrieverschmutzte normale Motor-Langstabisolatoren hinsichtlich des Verhaltens im Lichtbogen bei natürlicher Oberflächenzündung untersucht worden, doch haben diese Versuche für das festgelegte Anwendungsgebiet der normalen Motor-Langstabisolatoren, wie bereits betont, keine unmittelbare Bedeutung und auch grundsätzlich keine anders gearteten Ergebnisse gezeigt.

Die Brenndauer des Lichtbogens bei den Versuchen wurde entsprechend den praktischen Verhältnissen für kleine Stromstärken langzeitig und für hohe Stromstärken kurzzeitig gehalten. Für Lichtbogenstromstärken bis 100 A wurden Brennzeiten bis zu 3 min angewendet, während für Stromstärken von 100 bis 1500 A meist etwa 5 s Brenndauer eingehalten wurden.

Da die Schutzwirkung von Lichtbogenschutzarmaturen teilweise auch von äußeren Einflüssen, z. B. Wind und Regen, abhängig ist, wurden die Versuche zunächst bei Windstille und ohne Regen durchgeführt und sodann Kontrollversuche unter Anwendung von natürlichem und künstlichem Wind bzw. Regen vorgenommen.

1. Hilfsmittel zur Auswertung der Versuche

Der Lichtbogenschutzarmatur ist die Aufgabe gestellt, den Isolator vor Lichtbogenbeschädigungen zu schützen. Deshalb ist bei Lichtbogenversuchen vor allen anderen interessanten Beobachtungen über den Lichtbogenablauf die Feststellung des Zustandes des Isolators nach der Einwirkung des Lichtbogens das wichtigste Ergebnis zum Beurteilen der Wirkung der Armaturen. Die genaue Untersuchung des Zustandes des Isolators einschließlich der Kappen mit den Lichtbogenansatzstellen gibt Aufschluß über vorhandene oder mangelnde Schutzwirkung.

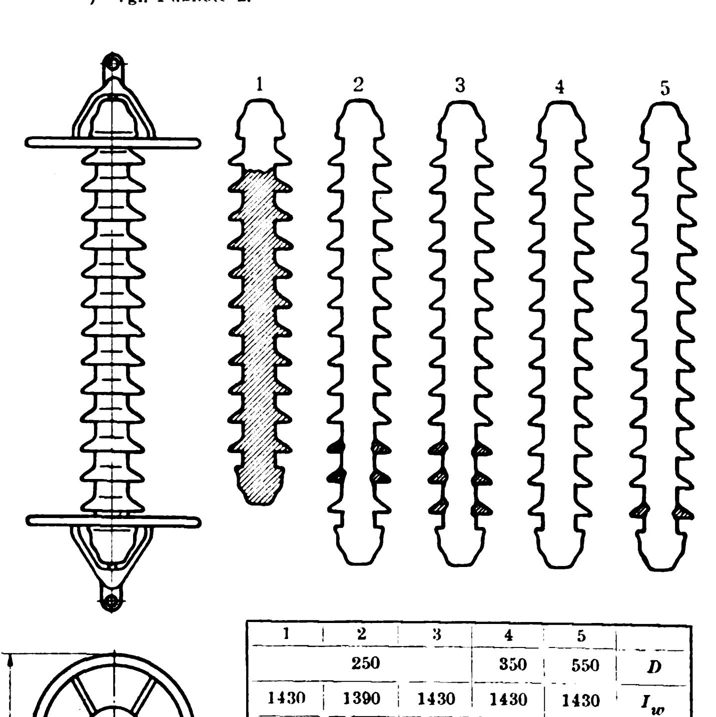
Zur Ergründung der Gesetzmäßigkeiten der Schutzwirkung verschiedener Armaturenarten ist es weiter erforderlich, den genauen Ablauf des Lichtbogens zu studieren. Hierzu hat sich schon nach früheren Untersuchungen[7]) die Anwendung folgender Hilfsmittel als unerläßlich erwiesen:

Kinematographische Aufnahme der Lichtbogenvorgänge von zwei unter 90° zueinander stehenden Aufnahmerichtungen mit mindestens 64 Aufnahmen je s. Die Aufnahme aus zwei senkrecht zueinander stehenden Richtungen ist erforderlich, um bei jeder möglichen Raumlage des Lichtbogens noch brauchbare Ansichten zu erzielen.

Oszillographische Aufzeichnung von Lichtbogenstrom, Lichtbogenspannung und Lichtbogenleistung.

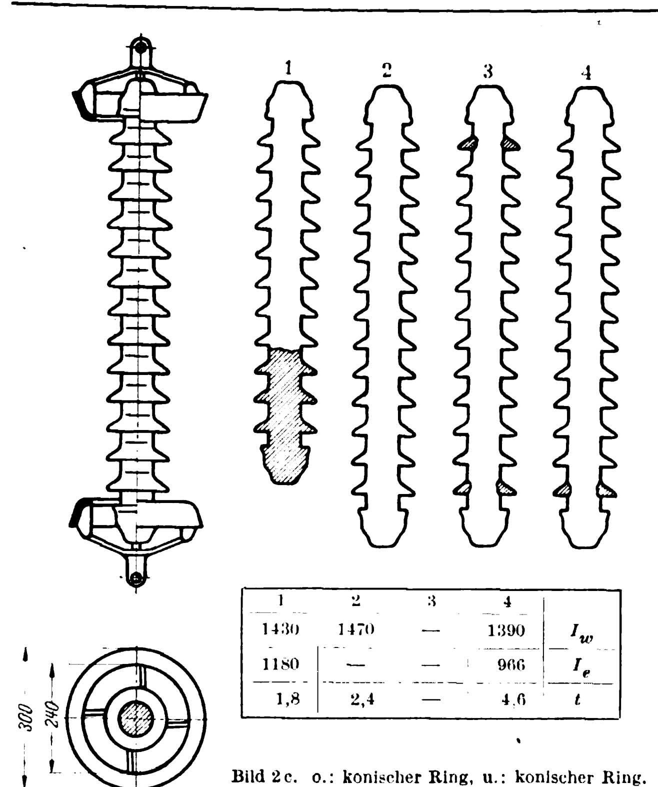
Die Anwendung dieser Hilfsmittel ermöglicht eine lückenlose Auswertung von Lichtbogenversuchen und hat bei den durchgeführten systematischen Versuchen recht aufschlußreiche Ergebnisse eingebracht.

[7]) Vgl. Fußnote 2.



1	2	3	4	5	
	250		350	550	D
1430	1390	1430	1430	1430	I_w
1050	—	925	882	965	I_e
3,4	2,6	5,1	5,1	5,2	t

Bild 2b. o.: Gasrohrring, u.: Gasrohrring.



1	2	3	4	
1430	1470	—	1390	I_w
1180	—	—	966	I_e
1,8	2,4	—	4,6	t

Bild 2c. o.: konischer Ring, u.: konischer Ring.

2. Versuchsergebnisse über die praktische Schutzwirkung verschiedener Schutzarmaturen

Zum Veranschaulichen der Versuchsergebnisse soll aus den im Laufe der beiden letzten Jahre gesammelten umfangreichen Ergebnissen eine besonders kennzeichnende Versuchsreihe herausgegriffen werden, die im Sommer 1939 in einem Hochleistungsprüffeld[8]) hauptsächlich bei Lichtbogenstromstärken von 850 bis 1450 A an Motor-Langstabisolatoren der Reihe 80 und 100 kV durchgeführt wurde. Die äußeren Versuchsbedingungen waren:

Windstärke 0 bis 1 m/s,
keine Niederschläge.

Die angewendete Transformator-Leerlaufspannung betrug rd. 30 kV, 50 Hz; die Brenndauer, sofern nicht vorzeitige Zerstörungen der Isolatoren zu Abschaltungen führten, durchweg etwa 5 s. Die Versuchsreihe veranschaulicht also die Verhältnisse, wie sie bei doppelphasigen Erdschlüssen oder Kurzschlüssen in 80 bis 100 kV-Netzen zu erwarten sind.

Betrachten wir zunächst das für die Beurteilung der Wirkung der Schutzarmaturen wichtigste Ergebnis der Versuchsreihe, den Zustand der Isolatoren nach der Einwirkung des Lichtbogens. In Bild 2a bis 2k ist dieses Ergebnis in bildlicher Form für die verschiedenen untersuchten Schutzarmaturen dargestellt. Die schraffierten Teile der jeweils nebengezeichneten Isolatoren stellen diejenigen Teile dar, die durch Einwirkung des Lichtbogens abgesprengt oder beschädigt wurden.

Im einzelnen lassen die Darstellungen folgende Ergebnisse erkennen:

8) Kurzschlußhaus der Aktiengesellschaft BBC, Baden (Schweiz).

a. Motor-Langstabisolatoren ohne Schutzarmaturen (Bild 2a)

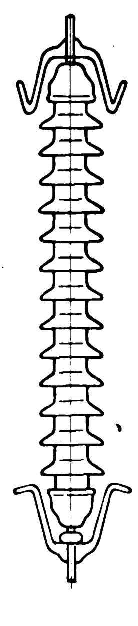
An den sechs Isolatoren der Versuchsreihe zeigen sich recht starke Beschädigungen. In vier Fällen (Isolator 1, 2, 5 und 6) kam es zum Vollbruch des Isolators, und in allen sechs Fällen traten erhebliche Schirmbeschädigungen auf. Dieses Ergebnis überrascht keineswegs, denn man war sich bei der Schaffung des Motor-Langstabisolators von vornherein klar, daß dieser Isolator ohne Schutzarmaturen den Beanspruchungen bei Hochleistungslichtbögen nicht gewachsen ist, und hat daher die Anwendung von Schutzarmaturen zwangläufig vorgesehen. Auffällig ist die Erscheinung, daß die Mehrzahl der Strunkbrüche wie auch die umfangreichsten Schirmbeschädigungen in der Umgebung der unteren Enden der Isolatoren auftraten.

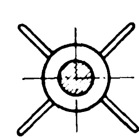
b. Motor-Langstabisolatoren mit Gasrohr-Ringarmaturen (Bild 2b)

Die Versuchsreihe, die mit Gasrohr-Ringarmaturen verschiedener Durchmesser durchgeführt wurde, zeigt ebenfalls erhebliche Beschädigungen der Isolatoren. In einem Falle (Isolator 1) trat Vollbruch ein, in drei Fällen (Isolator 2, 3 und 5) ergaben sich Schirmbeschädigungen, und nur ein Isolator ging unversehrt aus den Versuchen hervor. Die zunächst berechtigte Vermutung, daß der beim unbeschädigt gebliebenen Isolator verwendete Durchmesser der Ringarmatur von 350 mm ein Optimum an Schutzwirkung ergibt, hat sich bei anderen Versuchsreihen als unrichtig erwiesen. Man erhält also das unerwartete Ergebnis, daß die üblichen Gasrohr-Ringarmaturen, die eine große Verbreitung besitzen, keinen zuverlässigen Schutz gewährleisten und bei Motor-Langstabisolatoren zu erheblichen Beschädigungen führen können. Auch hier ist wieder die größere Häufigkeit der Beschädigungen im Gebiet der unteren Isolatorenden auffällig.

c. Motor-Langstabisolatoren mit konischen Schutzringen (Bild 2c)

Das Ergebnis mit diesen gegenüber den Gasrohrringen großflächig ausgebildeten Armaturen ist nicht





1	2	3	4	5	6	7	
1450	1390	1430	1390	675	690	1430	I_w
882	—	840	966	555	—	1010	I_e
4,1	3,5	5,0	5,0	4,4	1,7	4,6	t

Bild 2d. o.: Spezial-Schutzhornkreuz, u.: Spezial-Schutzhornkreuz.

wesentlich anders als bei Verwendung von Gasrohr-Ringarmaturen. Ebenfalls treten Strunkbrüche und Schirmbeschädigungen auf.

d. Motor-Langstabisolatoren mit Spezialschutzhornkreuzen (Bild 2 d)

Diese Versuchsreihe mit der für den Langstabisolator entwickelten Spezial-Schutzhornkreuzarmatur zeigt ein sehr günstiges Ergebnis. An den sieben Isolatoren der Versuchsreihe sind weder Vollbrüche noch Schirmbeschädigungen, nicht einmal Glasurverletzungen feststellbar gewesen. Die Schutzarmatur hat in allen Fällen also einen vollständigen Schutz ergeben.

e. Motor-Langstabisolatoren mit an den Kappen befestigten Stabarmaturen (Bild 2 e)

Bei den hier verwendeten Schutzarmaturen wurden lediglich die an den Spezial-Schutzhornkreuzarmaturen vorgesehenen stabförmigen Hornenden in entsprechend verlängerter Form unmittelbar an den Isolatorkappen befestigt. Das Ergebnis ist übereinstimmend mit dem an Spezial-Schutzhornkreuzen gewonnenen. Ebenfalls wurde keinerlei Beschädigung der Isolatoren festgestellt.

f. Motor-Langstabisolatoren mit Doppelhörnern (Bild 2 f)

Um festzustellen, ob es erforderlich ist, vier Schutzhörner, also Hornkreuze, anzuwenden, oder ob es genügt, nur zwei Schutzhörner, also halbe Hornkreuze, sogenannte Doppelhörner, vorzusehen, wurden ebenfalls Versuche durchgeführt. Bei Zündung des Lichtbogens im Raum zwischen den beiden Schutzhörnern ergeben sich dabei Schirmbeschädigungen am oberen bzw. unteren Isolatorende. Dieses Ergebnis ist darauf zurückzuführen, daß der an der Kappe des Isolators in ungünstiger Lage gezündete Oberflächenlichtbogen zu lange Zeit benötigt, um bei nur zwei Schutzhörnern von der Kappe weg an eines davon überzugehen. Bei Stoßzündung, bei der der Lichtbogen bereits an den Armaturen zündet, sind natürlich halbe Schutzhornkreuze und vollständige Schutzhornkreuze gleichwertig. Unter Berücksichtigung ungünstiger Oberflächenzündungsfälle ist jedoch, wie der Versuch zeigt, eine vollkommen sichere Schutzwirkung mit halben Schutzhornkreuzen nicht zu erzielen.

g. Motor-Langstabisolatoren mit unterem Spezial-Schutzhornkreuz und ohne obere Armatur (Bild 2g)

Häufig wird die Ansicht vertreten, daß die obere Schutzarmatur von Isolatoren bei Eisenmasten entbehrlich ist, da der Lichtbogen in vielen Fällen die Eisentraverse zur Bildung des oberen Fußpunktes benutzt. Die in den vorausgehenden Versuchen besprochenen Ergebnisse lassen auch durch die verschiedentlich betonte größere Häufigkeit der Isolatorenbeschädigungen in der Umgebung der unteren Isolatorenden auf eine geringere Bedeutung der oberen Schutzarmaturen schließen. Der Versuch zeigt aber, daß beim Fortlassen der oberen Schutzarmatur Beschädigungen in der Umgebung der oberen Isolatorenden nicht völlig vermieden werden können, da der an der Traverse brennende Lichtbogen, wie aus den Filmaufnahmen entnommen wurde, geradezu periodisch kurzzeitig zur oberen Kappe des Isolators zurückschlägt und dabei den Isolator gefährdet.

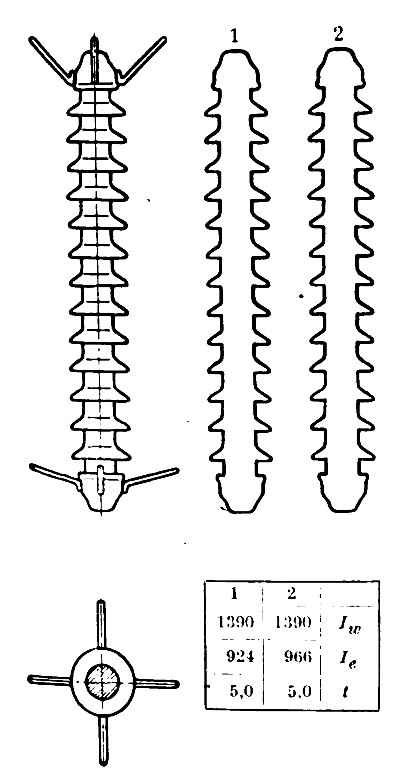
h. Motor-Langstabisolatoren mit unterem Gasrohrring und oberem Normal-Schutzhornkreuz (Bild 2 h)

Bei der Untersuchung dieser Armaturenkombination macht sich die bei Gasrohrringen allein schon besprochene unzuverlässige Schutzwirkung des Ringes durch eine Schirmbeschädigung an dem der Ringarmatur benachbarten unteren Isolatorteil wiederum bemerkbar.

i. und k. Motor-Langstabisolatoren mit unteren Normal- oder Spezial-Schutzhornkreuzen und oberen Gasrohrring- bzw. konischen Ringarmaturen (Bild 2 i und k)

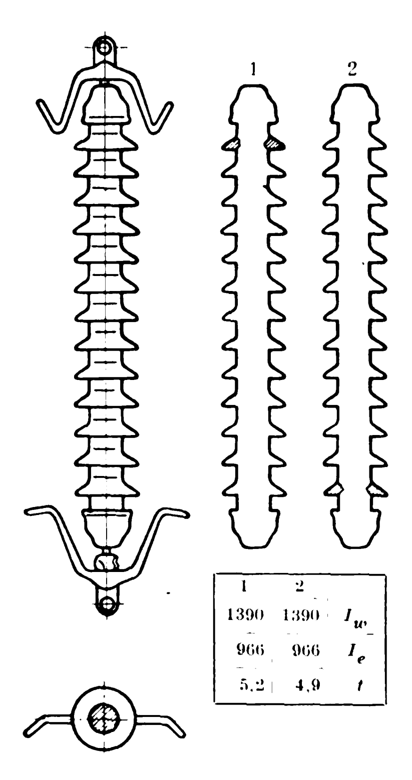
Bei der Umkehrung der im vorausgehenden Versuch besprochenen Armaturenkombination bestätigt sich die bei Anwendung von oberen und unteren Schutzhornkreuzen festgestellte günstige Schutzwirkung erneut durch den wirksamen Schutz des dem Schutzhornkreuz benachbarten unteren Isolatorteiles. Anderseits kommt die ungünstige Wirkung der oberen Ringarmatur bei konischen Ringarmaturen (Bild 2 k) in einem Fall durch Schirmbeschädigungen und im anderen Fall sogar durch Vollbruch des Isolators am oberen Isolatorende deutlich zum Ausdruck.

Wenn für den Gasrohrring eine Beschädigung in vorliegendem Fall nicht aufgetreten ist, so muß das gemäß den Filmaufnahmen darauf zurückgeführt werden, daß



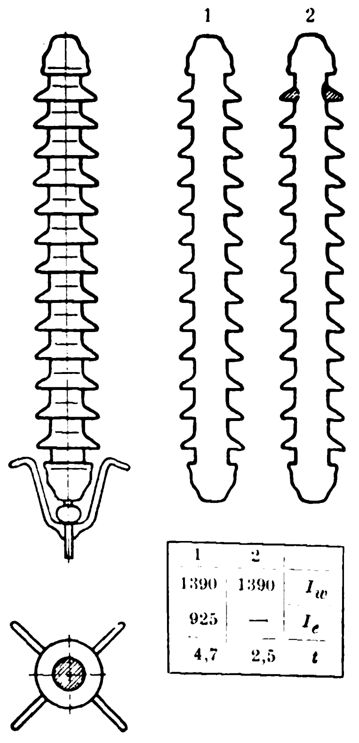
1	2	
1390	1390	I_w
924	966	I_e
5,0	5,0	t

Bild 2e. o.: Stabarmaturen, u.: Stabarmaturen.



1	2	
1390	1390	I_w
966	966	I_e
5,2	4,9	t

Bild 2f. o.: Doppelhorn, u.: Doppelhorn.



1	2	
1390	1390	I_w
925	—	I_e
4,7	2,5	t

Bild 2g. keine o. Schutzarmatur, u.: Spezial-Schutzhornkreuz.



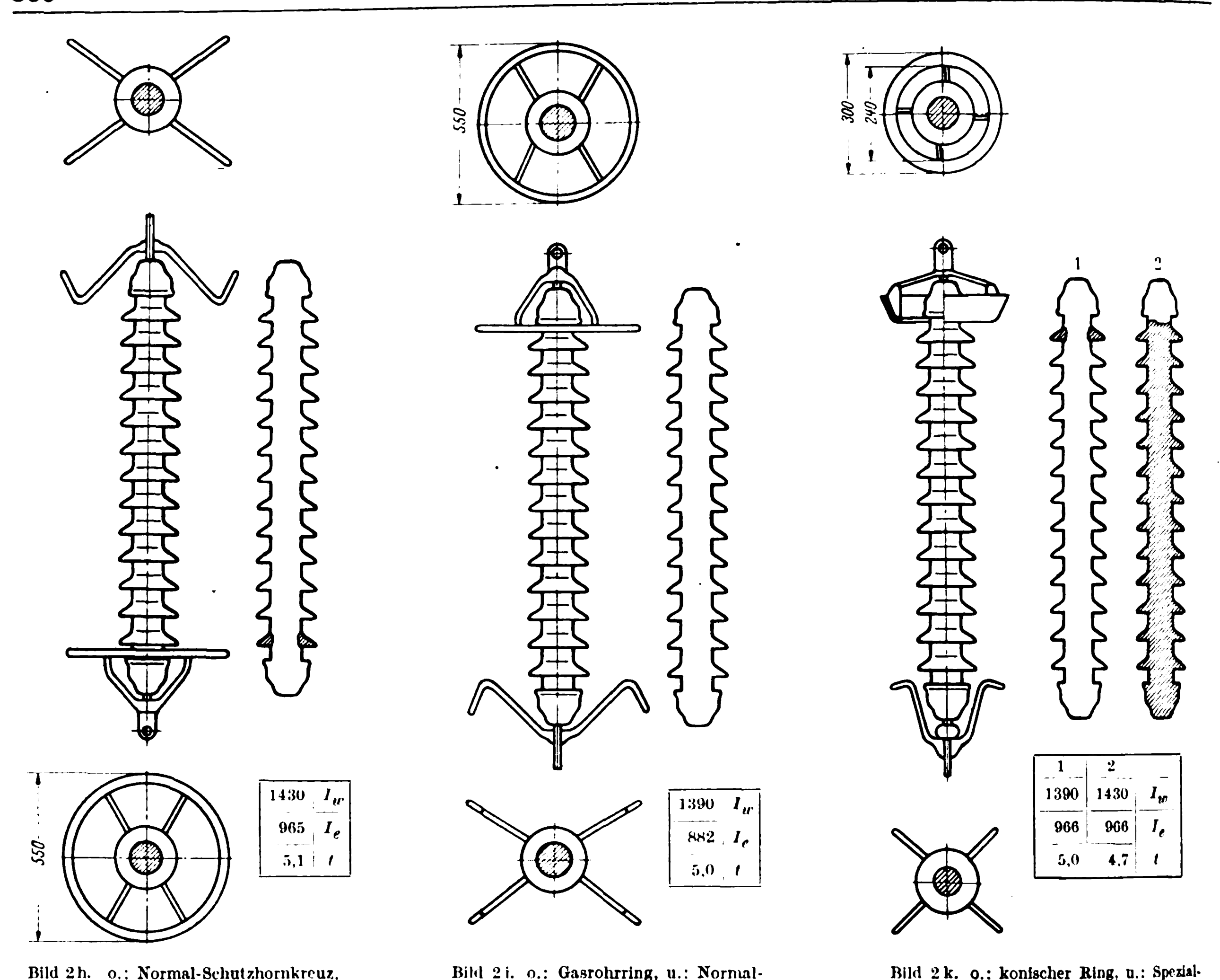


Bild 2h. o.: Normal-Schutzhornkreuz, u.: Gasrohrring.

Bild 2i. o.: Gasrohrring, u.: Normal-Schutzhornkreuz.

Bild 2k. o.: konischer Ring, u.: Spezial-Schutzhornkreuz.

der Lichtbogen an der Traverse brannte und nur kurzzeitig an den oberen Ring zurückwanderte, während bei den konischen Ringen der Lichtbogen während des größten Teils der Brenndauer am oberen Ring verblieb.

1. Zusammenfassung der Ergebnisse auf Grund der Isolatorenbeschädigungen

Der Beschädigungszustand der in der besprochenen Versuchsreihe untersuchten Isolatoren ergibt also folgendes interessante Ergebnis über die Schutzwirkung von üblichen Lichtbogenschutzarmaturen: Ringartige, als Gasrohrring oder als großflächiger konischer Ring ausgebildete Armaturen bieten weder beiderseitig noch in Armaturenkombination einseitig angewendet einen zuverlässigen Schutz; die ungünstige Wirkung macht sich bei der oberen Schutzarmatur weniger geltend als bei der unteren Armatur. Dagegen gewährleisten hornartige und stabförmige Schutzarmaturen, in ausreichender Zahl beiderseitig des Isolators angewendet, einen Vollschutz des ganzen Isolators. Einseitig in Armaturenkombinationen verwendet schützen sie den dieser Armatur benachbarten Teil des Isolators. Somit ergeben sich erhebliche Unterschiede in der Wirkungsweise von Horn- und Ringarmaturen, die einer Erklärung bedürfen. *(Schluß folgt)*

Die elektrischen Anlagen auf dem Dampfer „Amerika"

DK 621.311.1 : 629.12.066

Der Passagierdampfer mit 27 000 BRT besitzt eine elektrische Anlage mit 4 Turbo-Gleichstromgeneratoren von je 600 kW Leistung, die mit 120/240 V auf ein Dreileiternetz arbeiten[1]). Der Notdieselgenerator leistet 150 kW und ist einschließlich seiner Schaltanlage in den vorderen blinden Schornstein eingebaut. Zur Speisung der Befehls- und Meldeanlagen stehen 2 Einphasen-Wechselstrommaschinen mit je 15 kVA, 120 V, 60 Hz zur Verfügung. Außerdem ist eine 240 V-Batterie mit 200 A Entladestrom während 2 h als letzte Reserve für die wichtigsten Verbraucher vorgesehen. Diese werden über selbsttätige Umschalter von der Notschalttafel gespeist, die bei Normalbetrieb ihrerseits Spannung von der Hauptschalttafel erhält. Der Anschlußwert der Verbraucher beträgt für Motoren 3465 kW, Beleuchtung 765 kW und Koch-, Heiz- und sonstige Verbraucher 1100 kW. Die ungewöhnlich hohe Lichtleistung erklärt sich aus der weitgehenden Verwendung von indirekter Beleuchtung, die besonders in den Gemeinschaftsräumen angewendet wird. Von den Schwachstromanlagen ist der Geschwindigkeitsmesser bemerkenswert, der die laufende Anzeige integriert und damit den insgesamt versegelten Weg aufzeichnet, was für die Navigation bei unsichtigem Wetter eine wertvolle Hilfe bedeutet. *R. Ht.*

1) Electr. Engng. 59 (1940) S. 398; 2 S., 1 B.

Die Verbandszeichen des VDE

Von J. Saß VDE, Berlin

DK 621.3(083.133.3)

Übersicht. Im November v. J. konnte das „VDE-Zeichen" auf ein zwanzigjähriges Bestehen zurückblicken. Es ist in dieser Zeit weit über die Grenzen Deutschlands hinaus bekannt geworden. Zweck der nachstehenden Zeilen soll sein, nach einer kurzen Rückschau auf die Entstehungsgeschichte des VDE-Zeichens einen zusammenfassenden Überblick über die heute bestehenden Verbandszeichen des VDE zu geben.

Vorgeschichte der Verbandszeichen

Als der Verband Deutscher Elektrotechniker daran ging, seine auch von den zuständigen amtlichen Stellen anerkannten, in der Hauptsache der Sicherheit elektrischer Anlagen und Geräte dienenden Vorschriften, Regeln und Normen für elektrotechnisches Installationsmaterial, elektrotechnische Haushaltgeräte und dgl. aufzustellen, mußte zwangsläufig auch der Ruf nach einer neutralen Prüfstelle laut werden. Eine Kennzeichnung der nach dem Urteil dieser Prüfstelle den Sicherheitsbestimmungen des VDE entsprechenden Erzeugnisse zur Unterscheidung von dem im Handel befindlichen, nicht vorschriftsmäßigen Material wurde notwendig. Schon im August 1906 wurde in einer Sitzung der VDE-Kommission für Installationsmaterial die Errichtung einer Prüfstelle des VDE angeregt[1]).

Der Vorstand des VDE beriet hierüber, stellte jedoch diese Angelegenheit zunächst noch zurück, da er die damals bestehenden VDE-Vorschriften noch nicht als genügend ausgebaut ansah und Schwierigkeiten bei der Anwendung der Prüfbestimmungen befürchtete. Die VDE-Kommission für Installationsmaterial und in der Folgezeit auch die Kommissionen für Schaltgeräte, für Koch- und Heizgeräte, für Drähte und Kabel befaßten sich jedoch weiter mit dem Gedanken der Einrichtung einer Prüfstelle. Es erschien ihnen notwendig, zunächst eine Kennzeichnung des vorschriftsmäßigen Materials in den Preislisten und anderen Drucksachen der Hersteller herbeizuführen. Ein entsprechender Beschluß[2]) wurde im Jahre 1912 der Jahresversammlung des VDE vorgelegt und von dieser angenommen. Daraufhin richtete der VDE im Oktober 1912 ein Rundschreiben an alle in Betracht kommenden Herstellerfirmen, in dem diese aufgefordert wurden, künftig in Preisblättern, Flugblättern und dgl. jeden den VDE-Vorschriften genügenden Gegenstand durch einen diesbezüglichen Vermerk zu kennzeichnen. Trotz vieler zustimmender Antworten setzte sich aber die angeregte Kennzeichnung nicht durch. Die VDE-Kommission für Installationsmaterial griff daher die Anregung auf Gründung einer Prüfstelle wieder auf, und zwar jetzt mit mehr Erfolg, da inzwischen auch an dem Ausbau der VDE-Vorschriften gearbeitet worden war und so die früher geäußerten Bedenken allmählich an Bedeutung verloren hatten. Im Laufe des Jahres 1913 konnte ein festes Programm für die Errichtung einer Prüfstelle aufgestellt und schließlich der Beginn der Arbeit dieser Prüfstelle für den Sommer 1914 in Aussicht genommen werden. Die Ausführung dieses Planes wurde dann aber durch den Ausbruch des Weltkrieges vereitelt.

Blieben die Bemühungen um die Kennzeichnung der den VDE-Bestimmungen entsprechenden Geräte zunächst ohne Erfolg, so wurde für isolierte Leitungen auf Grund einer Vereinbarung zwischen der Vereinigung der Elektrizitätswerke und einer größeren Zahl von Kabelwerken schon lange vor dem Weltkriege als Kennzeichen für solche Leitungen, welche den Vorschriften des Verbandes Deutscher Elektrotechniker entsprechend ausgeführt waren, ein sogenannter Normalfaden[3]) eingeführt. Neben diesem Kennfaden führten die Leitungen außerdem einen „Firmenkennfaden", der es ermöglicht, die Herkunft der Leitungen festzustellen.

Im Jahre 1919 konnten auch die durch den Krieg unterbrochenen Vorarbeiten für die Errichtung einer Prüfstelle des VDE wieder aufgenommen werden. Die im Kriege notwendige Verwendung von Ersatzstoffen, die Nichtachtung bestehender Bestimmungen in der Revolutionszeit, die Übernahme neuer Arbeitsgebiete aus dem Bereich der Elektrotechnik durch Unternehmer aus anderen Fachgebieten ließen noch stärker als vorher die Notwendigkeit der Kennzeichnung des den VDE-Bestimmungen entsprechenden Materials hervortreten. Der Wunsch nach einer gewissen Kontrolle des Marktes bestand bei allen interessierten Kreisen, den Herstellern, Händlern, Installateuren, Elektrizitätswerken und den einzelnen Verbrauchern.

So kam es nach langjährigen Verhandlungen und Vorarbeiten im Jahre 1920 zur Gründung der „Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker" (VDE-Prüfstelle)[4]).

Die VDE-Prüfstelle nahm im November 1920 ihre Tätigkeit auf[4a]). Ihr wurde die Aufgabe gestellt, „elektrotechnische Starkstromapparate daraufhin zu prüfen, ob sie den vom Verbande unter Mitwirkung der Behörden aufgestellten Vorschriften, Normen, Regeln oder Leitsätzen in jeder Beziehung entsprechen und somit als Erzeugnisse angesehen werden können, die Sicherheit gegen Unfälle bieten". Zur Kenntlichmachung der von ihr mit günstigem Ergebnis geprüften Erzeugnisse sollte sie den Herstellern auf Antrag die Erlaubnis erteilen, diese Gegenstände mit einem dem VDE geschützten Prüfzeichen zu versehen.

Das Prüfzeichen für Geräte

Als Prüfzeichen für Installationmaterial, Elektrowärmegeräte und dgl. wurde das in Bild 1 gezeigte Zeichen eingeführt.



Bild 1. Das alte Prüfzeichen für Geräte.



Bild 2. Das jetzige Prüfzeichen für Geräte.

Genehmigungen zur Führung dieses Zeichens wurden bis etwa Anfang 1928 erteilt. Die letzten dieser Genehmigungen verloren ihre Geltung am 30. 6. 1930. Seit Beginn des Jahres 1928 wird das in Bild 2 wiedergegebene Zeichen verwendet; seine Abmessungen sind in dem

[1]) ETZ 41 (1920) S. 949.
[2]) ETZ 33 (1912) S. 569.
[3]) ETZ 30 (1909) S. 983. ETZ 35 (1914) S. 1133.
[4]) ETZ 41 (1920) S. 361, 881.
[4a]) Seit 1930 ist die Prüfstelle in den Räumen des VDE-Hauses, Berlin-Charlottenburg, Bismarckstraße 33, untergebracht.

Normblatt DIN VDE 10 festgelegt. Beide Prüfzeichen sind für den VDE als Verbandszeichen in die Warenzeichenrolle des Reichspatentamtes eingetragen.

Im Jahre 1938 führte die VDE-Prüfstelle für Installationsmaterial, dessen Klemmen über die Anforderungen der normalen VDE-Bestimmungen hinaus auch den Bedingungen der „Leitsätze für Klemmen zum Anschluß von eindrähtigen Aluminiumleitern bis 16 mm²" VDE 0608/V. 38 entsprechen, das neben dem VDE-Zeichen (Bild 2) anzubringende

zusätzliche Zeichen „Al"[5])

ein. Genehmigungsinhabern, deren Erzeugnisse auch den seit Juni 1940 geltenden „K-Leitsätzen für Klemmen zum Anschluß von Zinkleitern mit 2,5 mm² Nennquerschnitt an Installationsmaterial" VDE 0608 K/VI. 40 entsprechen, wird von der Prüfstelle die Erlaubnis erteilt, an diesen Gegenständen außer dem VDE-Zeichen das

zusätzliche Zeichen „Zn"[6])

anzubringen. Da die mit dem Zeichen „Zn" versehenen Installationsmaterialien auch für den Anschluß von Al-Leitungen nach VDE 0608 geeignet sein müssen, kann bei ihnen das Zeichen „Al" fortgelassen werden.

Das Prüfzeichen für isolierte Leitungen

Als Kennzeichen für den VDE-Vorschriften entsprechende isolierte Leitungen, bestand, wie schon kurz erwähnt wurde, bereits vor dem Weltkriege ein „Normalfaden", und zwar zunächst ein roter Kennfaden. Mit der Einführung neuer VDE-Bestimmungen über eine normale Gummimischung für gummiisolierte Leitungen im Jahre 1910 wurde festgesetzt, daß alle Leitungen, welche unter Benutzung der neuen Gummimischung hergestellt wurden, mit einem weißen Kennfaden versehen werden sollten[7]). Gummibandleitungen behielten den bisherigen roten Kennfaden. Während des Weltkrieges wurde außerdem zur Kennzeichnung isolierter Zinkleitungen im Jahre 1915 ein hellgrüner Kennfaden eingeführt[8]). Die Baumwollknappheit zwang aber im Jahre 1917 dazu, die Fäden — und zwar Normalfäden ebenso wie Firmenkennfäden — vorübergehend fortzulassen und dafür eine für die einzelnen Firmen verschiedene Färbung der bei den Kriegsleitungen verwendeten Papierbänder einzuführen[9]).

Im Jahre 1921 übernahm die VDE-Prüfstelle aus den Händen der Vereinigung der Elektrizitätswerke die Zuweisung der Kennfäden für isolierte Leitungen.

Zu dieser Zeit kamen der weiße Normalfaden für gummiisolierte Starkstromleitungen und der rote Normalfaden für die gummiisolierten Fernmeldeleitungen in Betracht. Seit Ende 1926 wird an ihrer Stelle von der VDE-Prüfstelle als Prüfzeichen für isolierte Leitungen der heute noch gebräuchliche

schwarz-rote Verbandskennfaden gemeinsam mit dem Verbandszeichen „Codex"

zugewiesen. Der Genehmigungsinhaber hat das Recht, die in Betracht kommenden Leitungen als „Codexleitungen" zu bezeichnen. Für Leitungen, die nach den sogenannten „Umstellvorschriften" gebaut sind, wird seit 1934 ein

schwarz-rot-grüner Verbandskennfaden

verwendet, und ein

schwarz-rot-blauer Verbandskennfaden

wurde Ende 1939 als Prüfzeichen für Leitungen eingeführt, die den „K-Vorschriften" des VDE entsprechen.

[5]) ETZ 59 (1938) S. 787.
[6]) ETZ 61 (1940) S. 727.
[7]) ETZ 29 (1908) S. 1255. ETZ 30 (1909) S. 713. ETZ 31 (1910) S. 253. ETZ 33 (1912) S. 569.
[8]) ETZ 36 (1915) S. 341.
[9]) ETZ 38 (1917) S. 142.

Außerdem besteht seit 1938 noch ein

schwarz-rot-gelber Verbandskennfaden.

Die Genehmigung zur Führung dieses Fadens wird unter besonderen Bedingungen für Leitungen erteilt, die probeweise zugelassen werden sollen, um neue Werkstoffe und neue Aufbauarten, die als geeignet angesehen werden, in größerem Umfange zu erproben (vgl. auch VDE 0040).

Alle vorgenannten Verbandskennfäden sind als Verbandszeichen in die Warenzeichenrolle des Reichspatentamtes eingetragen.

Für bestimmte Kabelarten sehen die VDE-Bestimmungen an Stelle eines Kennfadens einen Papierkennstreifen mit der laufenden Firmenangabe und dem Aufdruck der Kurzbezeichnung der betreffenden VDE-Vorschrift vor, also z. B. „VSK 1934" (VDE 0255), „VDE 0260/1936", „VDE 0260 U/1937", „VDE 0260 K/V. 40", „VDE 0270 U". Für Starkstrom-Innenraumkabel ohne Bleimantel nach VDE 0270 U/VI. 39, bei denen thermoplastische Kunststoffe verwendet werden, tritt an die Stelle dieses von den Herstellern einzulegenden Papierkennstreifens als neuestes Verbandskennzeichen ein besonderer, von der VDE-Prüfstelle zugewiesener

Kennstreifen aus rotem Papier, mit grünen Querstreifen von etwa 1 cm Breite.

Zwischen diesen grünen Querstreifen ist in schwarzem Druck der Name des Genehmigungsinhabers und die auf die VDE-Bestimmungen hinweisende Kurzbezeichnung „VDE 0270 U" anzubringen. Zu erwähnen ist der Vollständigkeit halber noch ein

Kennstreifen aus rotem Papier mit gelben Querstreifen von etwa 1 cm Breite,

welcher für die versuchsweise Zulassung einiger Kabelarten in Betracht kommt.

Die vorstehend beschriebenen Verbandskennfäden lassen sich bei einigen Leitungsarten fabrikatorisch schwer einbringen; andererseits besteht bei vielen Genehmigungsinhabern der Wunsch, die von der Prüfstelle erteilte Genehmigung zur Führung eines Verbandskennzeichens auch auf den Etiketten der Leitungsringe erkennbar zu machen. Die VDE-Prüfstelle gestattet daher den Firmen, auf den Etiketten das VDE-Zeichen mit einem auf die Art des Verbandskennfadens bezüglichen Zusatz anzubringen. Für nach den Normalvorschriften gebaute Leitungen (schwarz-roter Verbandskennfaden) kommt der Zusatz

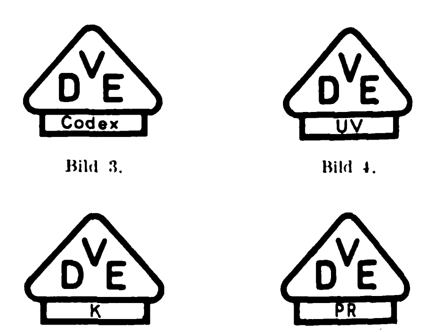


Bild 3. Bild 4.
Bild 5. Bild 6.
Zusätzliche Verbandskennzeichen für isolierte Leitungen.

„Codex" (Bild 3), für Leitungen nach den sogen. „Umstellvorschriften" (schwarz-rot-grüner Verbandskennfaden) der Zusatz „UV" (Bild 4), für Leitungen nach den „K-Vorschriften" (schwarz-rot-blauer Verbandskennfaden) der Zusatz „K" (Bild 5) und für probeweise zugelassene Leitungen (schwarz-rot-gelber Verbandskennfaden) der Zusatz „PR" (Bild 6) in Betracht. Diese zusätzlichen Zeichen haben ihren Platz in der Regel in dem Rechteck an der Grundseite des VDE-Zeichens oder, wenn dies nicht möglich ist, neben dem VDE-Zeichen.



In Ausnahmefällen kann die VDE-Prüfstelle auch die Erlaubnis zum Anbringen eines dieser Zeichen auf der Leitung selbst erteilen, sofern hierzu die Möglichkeit gegeben ist und der Kennfaden in die Leitung nicht eingebracht werden kann. Ebenso wie das VDE-Zeichen (Bild 2) und die Verbandskennfäden sind auch die Zeichen nach Bild 3 bis 6 stets gemeinsam mit einem der VDE-Prüfstelle gemeldeten, in die Warenzeichenrolle des RPA eingetragenen Ursprungszeichen anzubringen.

Die Verbandskennzeichen dürfen nicht nur auf den Erzeugnissen selbst angebracht werden, sondern es ist den Genehmigungsinhabern gestattet, diese Zeichen auch in Preislisten, Inseraten, auf den Verpackungen ihrer Erzeugnisse usw. zu verwenden; jeder Hinweis auf eine erteilte Genehmigung muß aber so gehalten sein, daß er nicht irrtümlich auf Waren bezogen werden kann, für die noch keine Zeichengenehmigung vorliegt.

Zusammenfassung

Die vorstehenden Ausführungen haben gezeigt, daß dem einen bei Gründung der Prüfstelle geschaffenen Verbandszeichen, dem „VDE-Zeichen", den Erfordernissen der Praxis entsprechend eine ganze Reihe weiterer Verbandskennzeichen des VDE gefolgt ist, nämlich der schwarz-rote, der schwarz-rot-grüne, der schwarz-rot-blaue und der schwarz-rot-gelbe Verbandskennfaden, der rote mit grünen Querstreifen versehene Kennstreifen, der rote mit gelben Querstreifen versehene Versuchskennstreifen und schließlich die gemeinsam mit dem VDE-Zeichen zu benutzenden zusätzlichen Zeichen Al, Zn, Codex, UV, K und PR. Eine große Zahl von Firmen hat im Laufe der Jahre von der Möglichkeit, durch Benutzung dieser Verbandskennzeichen die Vorschriftsmäßigkeit ihrer Erzeugnisse nachzuweisen, Gebrauch gemacht. Es sei hier nur auf die von Zeit zu Zeit durch die Prüfstelle herausgegebene „Zusammenstellung der Genehmigungen zur Benutzung des VDE-Zeichens oder eines Verbandskennfadens" hingewiesen, welche einen beachtenswerten Umfang hat. Zu wünschen ist, daß auch der noch fehlende Teil der Firmen sich zum Erwerb der Zeichengenehmigung entschließt und damit den Willen zur freiwilligen Selbstkontrolle bekundet, die den zuständigen Behörden, aber auch den Abnehmern und Verbrauchern umfangreiche eigene Kontrollmaßnahmen erspart.

Die Metadyne und ihre Anwendung im elektrischen Bahnbetrieb[1]

DK 621.313.226

Die vorliegende Arbeit[2]) befaßt sich in ihrem ersten Teil mit den Eigenschaften der Metadyne als Erzeuger und als Verbraucher von Gleichstrom konstanter oder in bestimmter Weise von der Verbraucherspannung abhängiger Stromstärke, während der zweite Teil die Anwendung in Versuch und Praxis der elektrischen Bahnen behandelt. Einzelangaben über die Abmessungen und eine Reihe von Schaltbildern vermitteln dabei einen tieferen Einblick.

In etwas allgemeiner Definition wird unter Metadyne, deren Erfinder Pestarini von der T. H. Turin ist, jede Gleichstrommaschine bezeichnet, die außer den üblichen Bürstensätzen noch weitere dazwischen angeordnete Sätze besitzt. Im engeren Sinne versteht man aber unter einer Metadyne, sei es ein Generator, Umformer oder Motor, eine Gleichstrommaschine mit normalem Anker, auf dessen Stromwender die doppelte Anzahl der üblichen Bürsten in regelmäßiger Verteilung schleifen, und mit einem Ständer mit der doppelten Anzahl der üblichen Pole. Diese Pole sind als Teilpole aufzufassen, von denen jeweils zwei nebeneinanderliegende einen eigentlichen Pol bilden. Die Aufspaltung erlaubt im Gegensatz zu bekannten Querfeldmaschinen die Ausrüstung der Metadyne mit Hilfspolen für jeden der beiden getrennten Ankerstromkreise. Die Hilfspole tragen bei neueren Metadynen nur eine Wicklung, die Hauptpole jedoch fünf, vier, mindestens aber drei verschiedene Erregerwicklungen, die fremd-, eigen- und hauptstromerregt sind[2]).

Die Ankerrückwirkung, also das vom stromdurchflossenen Anker hervorgerufene Feld, spielt bei der Metadyne wie bei allen Querfeldmaschinen eine ausschlaggebende Rolle. In Bild 1, wo der mechanische Aufbau einer (meist bisher verwendeten) zweipoligen Maschine dargestellt ist, ist die Wirkung nur des einen, primär genannten Ankerstromes I_1 gezeigt. Der zweite, mit sekundärem Strom bezeichnete Ankerstrom I_2 ist noch gleich Null gesetzt. Die Ständerwicklungen seien unerregt. I_1 ruft einen Fluß Φ_1 in Richtung der von I_1 gespeisten Bürsten AC hervor, der die Teilpole in der wiedergegebenen Weise durchsetzt. Bei Lauf des Ankers tritt zwischen zwei beliebigen Punkten des Stromwenders eine induzierte Spannung auf, die ihren Höchstwert an den Stellen BD, wo die Sekundärbürsten aufgesetzt werden, annimmt; sie ist bei gleichbleibender Drehzahl, die im folgenden stets vorausgesetzt werden soll, gleich

$$U_2 = k\, I_1. \qquad (1)$$

Bild 2 zeigt die Wirkung des alleinigen Stromes I_2. Ohne weiteres ergibt sich für die von ihm bei Lauf der Maschine zwischen den Primärbürsten AC induzierte Spannung der Betrag

$$U_1 = k\, I_2. \qquad (2)$$

Bei Vernachlässigung der ohmschen Spannungsabfälle stellen U_1 und U_2 gleichzeitig die Klemmenspannungen des stromführenden Ankers bei unerregtem Ständer der Metadyne dar. Durch Eliminieren von k aus beiden Gleichungen folgt das wichtigste Ergebnis:

$$U_1\, I_1 = U_2\, I_2, \qquad (3)$$

das aussagt, daß die unerregte Metadyne eine Eingangsleistung $U_1\, I_1$ unverändert als Ausgangsleistung $U_2\, I_2$ wieder abgibt, also keine Umwandlung elektrischer Energie in mechanische oder umgekehrt vornimmt. Zum Betrieb wäre also nur ein kleiner Motor zur Überwindung der unvermeidlichen Verlustdrehmomente notwendig; eine solche Metadyne hätte die erwünschten Eigenschaften eines reinen Einankerumformers. Ihre besonderen Eigenschaften werden aber erst klar, wenn man überlegt, daß die Netzspannung U_1 einem vorhandenen Netz konstanter Spannung entnommen wird. Das bedeutet aber, daß der Sekundärstrom wegen Gl. (2) konstant sein muß. Er ist ja auch in Wirklichkeit nichts anderes als der Erregerstrom, der den zur angelegten Spannung U_1 gehörenden Fluß Φ_2 konstanter Größe hervorruft. I_1 dagegen ist proportional der Belastung $U_2\, I_2$ und, da I_2 selbst konstant ist, proportional der

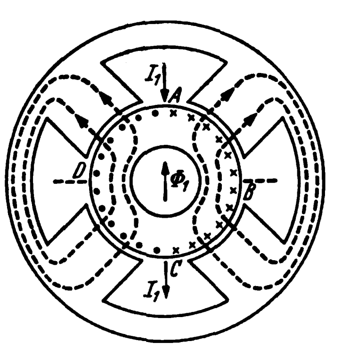


Bild 1. Fluß Φ_1, herrührend vom Strom I_1.

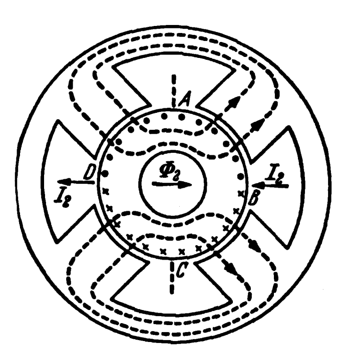


Bild 2. Fluß Φ_2, herrührend vom Strom I_2.

[1]) G. H. Fletcher u. A. Tustin, J. Instn. electr. Engrs. 85 (1939) S. 370 u. Disk. u. Disk. 86 (1940) S. 379; 14½ S., 25 B.; 1. Disk. 15 S., 5 B.; 2. Disk. 4 S., 2 B.

[2]) S. a. L. Monath ETZ 59 (1938) S. 881; C. Trettin, ETZ 59 (1938) S. 396. Ferner: ETZ 61 (1940) S. 1070.



Verbraucherspannung U_2. Auch dies ist offensichtlich notwendig, da I_1 der Erregerstrom des Flusses Φ_1 ist, dessen Größe unmittelbar von U_2 abhängt.

Durch die Erregung der Ständerwicklungen können diese Verhältnisse in weitgehendem Maße verändert werden. Man unterscheidet erstens die primäre Variatorwicklung, die Flüsse in Richtung von Φ_1 erregt, zweitens die sekundäre Variatorwicklung, die Flüsse in Richtung von Φ_2 hervorruft. Hinzu kommen Wicklungen kleinerer Amperewindungszahl, nämlich der primäre Stabilisator, der vom primären Ankerstrom I_1 abhängt, und der entsprechende sekundäre Stabilisator, der vom sekundären Ankerstrom I_2 durchflossen wird. Die beiden letztgenannten Wicklungen entsprechen in ihrer stabilisierenden Wirkung vollkommen den bei normalen Maschinen gewohnten Kompoundwicklungen eines Motors bzw. Gegenkompoundwicklungen eines Generators; sie wirken etwas auf die Konstanz des Sekundärstromes I_2 ein.

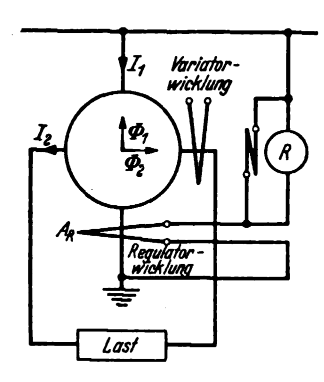


Bild 3. Schaltung der Regulator-Erregerwicklung, die das Auftreten eines Drehmonentes der Umformer-Metadyne verhindert. Die Variatorwicklung dient der Einstellung von I_2.

Wenn der primäre Variator erregt wird, so verringert sich der Primärstrom I_1, da er ein Feld in der gleichen Richtung wie I_1 aufbaut. Verringerung von I_1 bedeutet aber ein Vermindern der zugeführten Leistung. Durch immer stärkeres Erregen kann I_1 sogar auf Null verringert werden. Dann geht die Umformer-Metadyne in eine Generator-Metadyne über, da sie bei unveränderter Abgabe keine elektrische Energie mehr aufnimmt. Treten bei erwünschtem Umformerbetrieb aus anderen Gründen, z. B. durch Verluste, Abweichungen der erforderlichen Leistungsaufnahme von der tatsächlichen Aufnahme auf, so ist der primäre Variator offensichtlich imstande, durch geringe Erregung im einen oder anderen Sinn verbessernd auf die Stromaufnahme einzuwirken. Wegen dieser regelnden Wirkung wird diese Erregerwicklung auch oft mit Regulator bezeichnet. Die selbständige Speisung geschieht nach Bild 3 durch den kleinen Antriebsmotor der Umformermetadyne, dessen Ankerstrom den Primärvariator durchfließt. Ist die Leistungsaufnahme der Metadyne zu gering, so erhöht sich der Ankerstrom des Motors, der Variator wird negativ erregt, der Primärstrom I_1 der Metadyne wächst an. Ist die Leistungsaufnahme zu groß, so liefert der kleine Motor Strom zurück, der Primärvariator wird positiv erregt, I_1 der Metadyne sinkt.

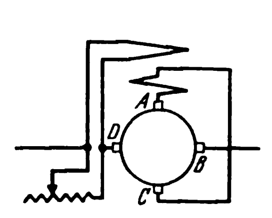


Bild 4. Metadyne-Motor für Konstantstrom.

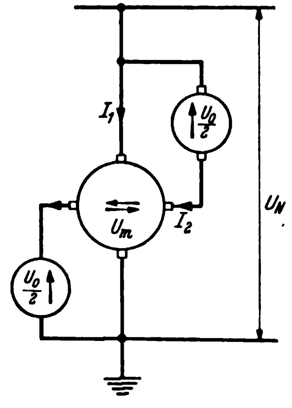


Bild 5. Achterschaltung. $U_0 \pm U_m = U_N$.

Der sekundäre Variator hat ganz andere Aufgaben; er dient der Beeinflussung des Konstantstromes I_2. Bei Erregung dieser Wicklung wird, je nach Richtung des Erregerstromes, I_2 vergrößert oder bis Null und darüber hinaus verringert. Bei Konstanz des Erregerstromes bleibt auch I_2 jeweils konstant. Wird aber der Erregerstrom in irgendeiner Weise von der Sekundärspannung abhängig gemacht, so überträgt sich diese Abhängigkeit in gleicher Weise auf den Sekundärstrom I_2. Hiervon wird in fast allen praktischen Fällen bei den Bahnen Gebrauch gemacht.

Bei tatsächlichen Ausführungen treten an Stelle der obigen einfachen Gleichungen erheblich verwickeltere Formen, zu denen noch die Schwierigkeiten durch die Sättigung der einzelnen Pole treten. Bei der Vorausberechnung geht man daher so vor, daß die Erregung je zweier diagonal zueinandergehöriger Pole einschließlich der Erregung durch den Anker bestimmt und mit Hilfe der Sättigungskurve der zugehörige Fluß in dieser Richtung ermittelt wird. Zwischen den Bürsten AC tritt eine Spannung entsprechend der Summe, zwischen den Bürsten BD entsprechend der Differenz der beiden diagonalen Teilflüsse auf. Der Streufluß des Ankers ist bei der Metadyne ein Nutzfluß und als solcher besonders in Rechnung zu setzen.

Die Anwendung der Metadyne, die vornehmlich als Umformer-Metadyne bei der Londoner Untergrundbahn benutzt wurde, wird in der Arbeit eingehend behandelt. Als Motoren werden normale Gleichstrommaschinen verwendet. Von der prinzipiell möglichen Anwendung der Metadyne als Motor nach Bild 4 wurde Abstand genommen. Die Motor-Metadyne besitzt eine durch Nebenwiderstand regelbare Erregerwicklung, die der mit konstantem Strom gespeisten Maschine ein konstantes, von der Drehzahl unabhängiges Drehmoment verleiht. Das Durchgehen des entlasteten Motors verhindert eine zweite gegenerregte Wicklung, die von den zusätzlichen Bürsten gespeist wird, an denen eine der Drehzahl proportionale Spannung auftritt. Bei einer bestimmten Leerlaufdrehzahl erlischt das Feld des Motors, und er läuft entlastet stabil weiter. Die Drehzahl-Drehmomentkurven eines solchen Motors haben im großen und ganzen einen stark fallenden Verlauf.

Die Metadyne als Umformer in Verbindung mit normalen, allerdings im Feld selbständig nachgeregelten Motoren empfahl sich für die Untergrundbahn wegen des Vermeidens aller Beschleunigungsstöße auf Grund einer vorausgehenden experimentellen Untersuchung, bei der eine Schaltung gewählt worden war, die in Bild 5 vereinfacht wiedergegeben ist. Man erkennt die sogenannte Achterschaltung der Fahrzeugmotoren. Diese Schaltung stellt eigentlich eine Zu- und Gegenschaltung von Metadyne und Netz dar, bei der die veränderliche Sekundärspannung der Metadyne zusammen mit der Netzspannung eine gesamte Motorspannung zwischen Null und doppelter Netzspannung ergibt. Der Einzelmotor fährt also bei fast konstantem Strom mit der Spannung Null an und erreicht seine Höchstgeschwindigkeit bei voller Netzspannung. Durch Speisung der Motorfelder durch eine besonders erregte Erregermaschine wurde dabei erreicht, daß das Motordrehmoment mit steigender Drehzahl wieder abfällt. Hierdurch wurde ein sanftes Einlaufen der Motoren in die Höchstgeschwindigkeit ermöglicht. Spätere Verbesserungen regelten den Erregerstrom derart, daß auch zu Beginn des Anfahrens erst sanfte Anzugsdrehmomente auftreten. Da auch der Sekundärvariator der Metadyne von der erwähnten Erregermaschine gespeist wird, fällt auch der sogenannte Konstantstrom selbst beim Anfahren und zu Ende der Beschleunigungsperiode ab.

Ein besonderer Vorteil der Umformer-Metadyne ist die Möglichkeit der Energierückgewinnung, die bei Aufnahmefähigkeit des Netzes auch praktisch bis zu etwa 8 km/h Geschwindigkeit ausgenutzt wird. Dann erst setzt die Luftdruckbremsung ein. Im Anschluß an die günstigen Erfahrungen des Probebetriebes wurde eine größere Anzahl von Metadyne-Ausrüstungen in Auftrag gegeben und in Betrieb genommen, deren betriebliche Vor- und Nachteile in längeren Diskussionen besprochen werden. Einige ältere Anwendungen der Metadyne als Generator ergänzen die Ausführungen der Arbeit.

W. Nürnberg VDE

RUNDSCHAU

Meßgeräte und Meßverfahren

DK 621.317.312 : 621.791.763.1

Messung der Stromstärke beim Punktschweißen. [Nach W. F. Hess, R. A. Wyant u. A. Müller, Electr. Engng. 59 (1940) Transactions S. 349; 4 S., 10 B. u. Disk. 2 S.]

Die Stromstärke ist eine sehr bestimmende Einflußgröße beim Punktschweißen; ihre Messung ist daher von großer Wichtigkeit. Es bedarf dazu aber besonderer Einrichtungen, da im allgemeinen die Zeit des Stromflusses beim Punktschweißen so kurz ist, daß eine Messung auf dem üblichen Wege nicht möglich ist. Anzustreben sind Messungen im eigentlichen Schweißstromkreis; jedoch sind auch Messungen auf der Primärseite des Transformators brauchbar, wenn man entsprechende Maßnahmen trifft, den Magnetisierungsstrom und den Einschaltvorgang auszuscheiden. Im folgenden wird über Versuche und Vor- und Nachteile von sieben verschiedenen Meßverfahren berichtet.

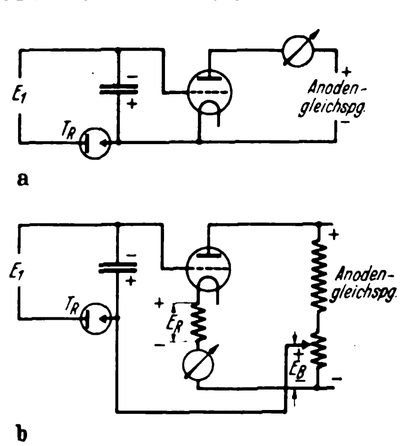
Zunächst wurde ein Parallelwiderstand in Form eines in den Sekundärkreis eingeschraubten Rohres aus Manganin zur Stromaufnahme mit einem Schleifen-Oszillographen verwendet. Hartlöten hat sich dabei nicht bewährt. Wichtig ist bei allen Messungen im Sekundärkreis, daß in den Meßleitungen keine Spannungen induziert werden. Man muß sich unbedingt durch den Versuch davon überzeugen, daß diese Vorsicht genügend beachtet wurde; dies geschieht so, daß man die Meßdrähte kurz schließt und vom Meßwiderstand isoliert. Dann wird an den Enden der Meßdrähte ein Oszillogramm bei fließendem Schweißstrom aufgenommen, wobei sich kein Ausschlag des Oszillographen zeigen darf. Die mit diesem Verfahren erzielbaren Meßergebnisse sind so gut, daß es zum Eichen für die anderen Verfahren verwendet werden kann. Durch den besonderen Parallelwiderstand und die notwendige Vorsicht in den Meßleitungen ist es etwas schwierig in der Durchführung.

Als zweites Meßverfahren wurde der Schleifen-Oszillograph mit Parallelwiderstand im Primärkreis benutzt. Die Anwendung des Meßwiderstandes im Primärkreis bedeutet eine große Vereinfachung. Die Umrechnung auf den Sekundärstrom geschieht mit Hilfe des Übersetzungsverhältnisses des Transformators, das durch Spannungsmessung im Leerlauf bestimmt werden kann. Der Magnetisierungsstrom muß vom Meßergebnis abgezogen werden; es genügt meist, ihn einfach zu subtrahieren.

Eine einfache Scheitelwertmessung erhält man unter Verwendung einer Oszillographenschleife, die einen Lichtstrahl auf eine gewöhnliche Skala wirft. Der höchste Wert der Auslenkung des Lichtstrahles bei fließendem Schweißstrom wird beobachtet; daraus ergibt sich der Scheitelwert in einfacher Weise. Es ist praktisch möglich, auf ½ mm genau abzulesen, was eine Genauigkeit der Schweißstrommessung von über 2% ergibt. Sogar Einschaltströme können mit dieser Messung erfaßt werden. Derartige Instrumente scheinen nicht im Handel zu sein, stellen aber ein einfaches und nützliches Laboratoriumsgerät dar. Der Nachteil besteht darin, daß eine Berechnung des Effektivstromes nur bei sinusförmigen Strömen möglich ist. Arbeitet man daher beispielsweise mit gittergesteuerten Stromrichtern, so ist dieses Verfahren nicht verwendbar.

Wenn ein Kathodenstrahl-Oszillograph verfügbar ist, kann man mit ihm Schweißströme messen. Schwierigkeiten entstehen durch die Inkonstanz des Verstärkers. Öftere Eichung ist nötig. Auch ist das Instrument empfindlich gegen Streufelder und muß daher in ziemlich großer Entfernung von der Maschine aufgestellt werden. Die zur Eichung benutzte Stellung muß auch zur Messung verwendet werden.

Für ein weiteres Meßverfahren wurde ein handelsüblicher Strommesser mit vorgeschobenem Zeiger und zugehörigem Stromwandler im Primärkreis benutzt. Bei einem solchen Instrument kann der Zeiger von Hand auf einen beliebigen Wert der Skala eingestellt werden. Man schiebt nun den Zeiger so lange vorwärts, bis er beim Schweißen den Anschlag gerade noch ein wenig verläßt. Man muß selbstverständlich mehrere Messungen hintereinander machen, um die richtige Zeigereinstellung durch Annäherung zu finden. Vorteile dieses Meßverfahrens sind die große Einfachheit und die Tatsache, daß der Effektivwert direkt und unabhängig von der verwendeten Wellenform gemessen wird. Nachteilig ist, daß alle Einschaltstromstöße mit angezeigt werden, und daß man immer einen etwas zu hohen Wert mißt. Die Eichung zeigte, daß der Fehler etwa 5 bis 8% beträgt; er ist abhängig von der Zeitdauer des Stromflusses, wird bei drei Perioden etwa Null und verwandelt sich bei zwei Perioden Stromdauer in einen Minusfehler von 4%.



a Grundsätzliche Schaltung
b Schaltung mit vergrößerter Ladezeit des Kondensators

Bild 1. Strommessung mit dem Röhrenvoltmeter.

Die als sechstes Meßverfahren verwendete Schaltung mit einem Röhrenvoltmeter und Stromwandler im Sekundärkreis ist in Bild 1 gezeigt. Das Prinzip ist folgendes: In den Sekundärkreis eines Stromwandlers wird ein Widerstand eingeschaltet. An diesem wird eine Spannung abgegriffen, die demnach dem im Stromwandler fließenden Strom proportional ist. Mit dieser Spannung wird über eine Gleichrichterröhre ein Kondensator

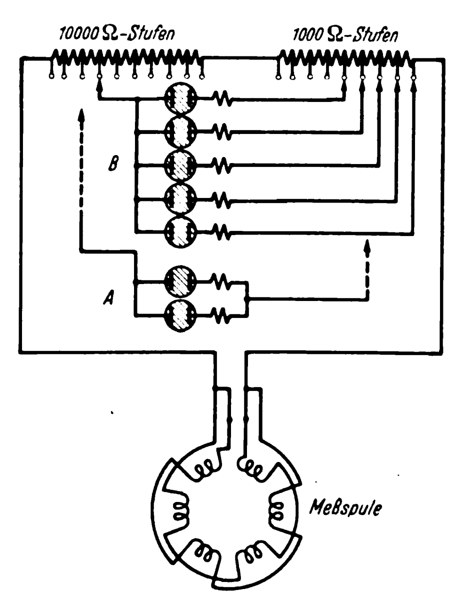


Bild 2. Schweißstrommessung mit Hilfe von Glimmlampen und eisenloser Induktionsspule.

geladen, der im Gitterkreis einer Elektrodenröhre liegt. Die Schaltung ist so, daß beim Stromfluß im Wandler das Gitter negativ geladen wird, so daß eine Schwächung des Anodenstromes der Röhre entsteht. Ist der Kondensator richtig bemessen, dann bleibt seine Ladung genügend lange erhalten, um auch bei kurzen Stromflußzeiten eine einwandfreie Ablesung zu ermöglichen. Die Ablesung geschieht an einem Milliamperemeter im Anodenkreis, wie Bild 1a zeigt. Das Verfahren hat verschiedene Vorteile. Hat man mit längeren Einschaltstrom-

stößen zu rechnen, so kann die Schaltung so verfeinert werden, daß die Ladezeit des Kondensators verzögert wird, wodurch der Einschaltstromstoß sich nicht mehr auswirkt (Bild 1b). Das Instrument erfordert weiterhin nur eine einzige Schweißung und zeigt sofort den richtigen Wert. Da es sich aber um eine Scheitelwertmessung handelt, ergibt sich eine beschränkte Anwendung wie beim dritten Verfahren. Außerdem ist der Stromwandler bei hohen Stromstärken unhandlich. Auch wird die Leistung der Schweißmaschine durch ihn etwas beeinflußt, besonders bei kleiner Armausladung.

Schließlich ergeben Glimmlampen ein eigenartiges, aber robustes Meßinstrument für Schweißströme. Die verwendete Schaltung zeigt Bild 2. Es wird eine eisenlose Induktionsspule in der Form eines Toroids im Sekundärkreis benutzt. Die darin induzierte Spannung wird an ein Potentiometer geführt. Der eigentliche Meßkreis ist in Bild 2 mit A bezeichnet und besteht aus zwei parallelgeschalteten Glimmlampen, die nahezu die gleiche Zündspannung aufweisen. Man macht mehrere Schweißungen hintereinander und ändert die Potentiometerverbindung des Meßkreises so lange, bis eine der beiden Lampen glimmt. Um die ungefähre Potentiometereinstellung schneller zu erreichen, wurde die Schaltung durch den Kreis B in Bild 2 erweitert. Hier wird eine Gruppe von fünf passenden Glimmlampen verwendet. Der gesamte Bereich des Potentiometers wird in Grobstufen unterteilt. Man beobachtet bei den einzelnen Schweißungen auf verschiedenen Stufen die Anzahl der glimmenden Lampen und erhält die ungefähre Einstellung dann, wenn alle Lampen glimmen. Die endgültige Messung wird dann, wie beschrieben, mit den beiden Meßlampen durchgeführt. Dieses Meßverfahren erscheint für den Praktiker sehr nützlich, da es robust und einfach ist. Wenn das Instrument geeicht werden soll, setzt dies voraus, daß die Zündspannung der verwendeten Lampen zeitlich konstant bleibt. Diese Frage bedarf noch der Untersuchung. *Ri.*

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung

DK 621.316.13 : 621.319.4

Netzstörungen durch Anschluß von Phasenschieber-Kondensatoren. [Nach P. Pelseneer, Rev. gén. Électr. 24 (1940) S. 75; 4 S.]

Seit etwa 12 Jahren hat auch in Frankreich die Einführung des Phasenschieber-Kondensators in den Mittelspannungs-Verteilungsnetzen große Fortschritte gemacht. Einführungsschwierigkeiten, die bei der Erstausführung der Kondensatoren in falschen Konstruktionen und schlechtem Werkstoff bedingt waren, sind nunmehr überwunden, und der Phasenschieber-Kondensator kann jetzt als absolut sicheres Betriebselement angesehen werden. In seltenen Ausnahmefällen wurden Störungen beobachtet, die mittelbar durch den Einbau von Kondensatoren im Netz hervorgerufen wurden. Hierfür werden genannt: Wanderwellen beim Zu- und Abschalten der Kondensatoren, Oberwellen, nichtstationäre Überspannungen durch schlechte Kontakte[1]) und Selbsterregung von Asynchronmaschinen. Als Beispiel aus dem Betrieb werden folgende Störungsfälle angeführt: In einem 30 kV-Netz führte der Anschluß von Zählerwandlern in V-Schaltung infolge der magnetischen Unsymmetrie zur Ausbildung einer starken dritten Harmonischen, die die Sicherungen auslöste. In einem anderen Falle wurde eine Batterie durch Wackelkontakte in einem Trennschalter mit schlecht gefederten Segmenten zerstört.

Für den Betrieb empfiehlt der Verfasser die Beachtung folgender Richtlinien:

1. Die Oberwellen im Netz sollen möglichst klein gehalten werden durch Vermeiden jeder magnetischen Unsymmetrie, notfalls geringe Sättigung der Transformatoren, magnetische Stern-Dreieck-Kupplung oder Fünfschenkel-Aufbau der Transformatoren.[2])

2. Bei Eintritt von Resonanz soll das Netz gegebenenfalls durch Vorschalten von Drosselspulen verstimmt werden (!).

3. In engen Umspannwerken können die Kondensatoren auf erhöhten Mauerabsätzen, in Freiluftanlagen bis 30 kVA auf den Masten angebracht werden.

4. Kondensatoren bis 30 kVA können direkt an die Transformatorenklemmen angeschlossen werden, so daß sowohl der Schalter als auch der Schutz für Transformator und Kondensator gemeinsam ist. Bis zu 200 kVA geschieht der Anschluß zweckmäßig über Trennschalter mit Sicherungen, sofern nicht weitere Kondensatoren in der Nähe angeschlossen sind. Der tg δ der Kondensatoren soll möglichst nicht kleiner sein als 0,0025 (?), da bei kleinerem Verlustwinkel die Wanderwellenvorgänge schwächer gedämpft sein sollen. Einphasige Trennschalter sind unter allen Umständen zu vermeiden. Bei größeren Batterien empfiehlt der Verfasser den Anschluß über besondere Schalter, mit denen über Vorkontaktwiderstände eingeschaltet sowie beim Ausschalten selbsttätig eine Entladung über besondere Widerstände eingeleitet wird. Als besonders geeignet für Kondensatoren wird das Schalten unter Öl bezeichnet. Als Schutz genügen gewöhnlich Maximalrelais, bei besonders wichtigen Batterien, zusätzlich auch Temperaturrelais sowie frequenzabhängige Nullspannungsrelais in den Punkten, bei denen eine Selbsterregung von Asynchronmaschinen durch die Kondensatoren zu befürchten ist. *H. Rs.*

[1]) S. a. ETZ 59 (1938) S. 457.

[2]) ETZ 58 (1937) S. 622, 59 (1938) S. 929, 60 (1939) S. 409, 62 (1941) S. 169.

DK 621.316.98

Gewitterschutz. [Nach Valeev und Ponomarenko, Marutov, Schreiber und Akopjan, Elektritschestwo 60 (1940) H. 6, S. 38, 41, 44, 46, zus. 10 S., 15 B.]

Unter dieser allgemeinen Überschrift sind mehrere Arbeiten über Gewittererscheinungen bzw. -schutz veröffentlicht. Im ersten Artikel teilen H. Valeev und B. Ponomarenko die Meßergebnisse der Feld-Prüfanlage an direkten Blitzschlägen mit. Die Stoßwelle wurde mit verschiedenen Meßgeräten, nämlich Kathodenstrahloszillograph, Klydonograph und magnetischen Geräten aufgeschrieben. In den Jahren 1938 und 1939 wurden durch diese Anlage zehn direkte Blitzschläge aufgenommen. Einer von diesen bestand aus oszillierenden, zwei aus positiven und die übrigen sieben aus negativen Entladungen. Die Scheitelwerte der Stromwelle lagen zwischen 101 und 2,8 kA, die Steilheit zwischen 0,2 bis 11,26 kA/µs. Die gefundenen Werte laufen sehr auseinander und geben keine Möglichkeit, einen Zusammenhang zwischen Scheitelwert und Steilheit der Welle festzustellen. Bei dieser Gelegenheit wurden auch die Anzeigen verschiedener Meßgeräte miteinander verglichen. Von diesen zeigten die magnetischen Schreibgeräte unter Umständen wesentlich niedrigere Werte, so daß gewisse Vorsicht beim Gebrauch dieser Geräte beachtet werden muß. Bei der Anlage wurde noch die Strom- und Spannungsverteilung in zwei Strahlerdern und im Boden um den Erder herum gemessen. Der Spannungsabfall längs des Erders setzt sich bis etwa zur halben Länge fort, von da aus bis zum Ende des Erders findet wieder ein Spannungsanstieg statt. Das Letztere ist wahrscheinlich der Reflexion der Welle zuzuschreiben.

Im zweiten Artikel befaßt sich K. Marutov mit der Berechnung der im Erdseil induzierten Überspannung beim direkten Blitzschlag in den Mast. Der Verfasser versucht, die bekannte Formel zu vereinfachen und so den praktischen Berechnungen mehr zugänglich zu machen.

Im dritten Artikel beschreibt L. Schreiber eine Konstruktion der Holzmaste mit Blitzableitern für die Übertragungsleitungen für 3 bis 35 kV. Diese Leitungen müssen nach russischen Vorschriften, falls sie unmittelbar vom Generator gespeist werden und nicht mit dem Erdseil geschützt sind, mit einer bestimmten Anzahl von Blitzableitern versehen werden. Da die Aufstellung der Blitzableiter auf besonderen Masten die Kosten der Leitung stark erhöht, wurde eine besondere Konstruktion der Masten mit darauf aufgebautem Blitzableiter vorgeschlagen. Die Schutzwirkung dieser Masten ist, wie die Nachrechnung zeigt, ausreichend.

Im letzten Artikel von A. Akopjan sind die Messungen der Stoßfestigkeit an verschiedenen Böden mitgeteilt. Ein isolierter Kasten mit eingebauten Elektroden im gegenseitigen Abstand von 0,5 bzw. 1,0 m wurde mit dem zu untersuchenden Boden, feinem Sand oder Lehm, gefüllt und der Wirkung der Stoßwelle ausgesetzt. Die Länge der Welle konnte zwischen 45 bis 93 µs geändert werden. Es zeigte sich jedoch, daß der Einfluß der Wellenlänge gering ist. Die kleinste Stoßfestigkeit besitzt der trockene Sand mit 3,12 kV/cm; seine Festigkeit nimmt jedoch mit dem Feuchtigkeitsgehalt zu und erreicht bei 7% Feuchtigkeit den Wert von 5 kV/cm. Die Festigkeit von Lehm ist noch höher; sie konnte jedoch nicht gemessen werden, weil der Überschlag dabei immer außerhalb des Kastens stattfand. *Sky.*

Verkehrstechnik

DK 625.62(47) : 621.335.42

Vierachsige Triebwagen der Moskauer Straßenbahn mit Verbundmotoren. [Nach J. M. Galonen, Elektritschestwo 60 (1940) H. 6, S. 12; 3 S., 3 B.]

Als Ergebnis langjähriger Untersuchungen wurde im Jahre 1938 in Rußland ein neuer vierachsiger Straßenbahnwagen gebaut, der sich im Betriebe gut bewährt haben soll und von dem



bei der Moskauer Straßenbahn zur Zeit bereits 43 Wagen laufen. Der 15 m lange Wagen hat ein Leergewicht von 22 t; sein Fassungsvermögen beträgt 180 Personen bei 52 Sitzplätzen. Die vier Achsen werden von vier Verbundmotoren mit einer Stundenleistung von je 45 kW bei 550/2 V und 775 U/min angetrieben. Ein Motor wiegt 965 kg. Der Wagen ist mit einem handbedienten Nockenfahrschalter ausgerüstet; er ist für Nutz- und Widerstandsbremsung eingerichtet, außerdem ist Druckluft- und Handbremse vorgesehen. Mit dem Wagen sind bei 28,1 t Gesamtgewicht — das entspricht einer mittleren Wagenbesetzung — eingehende Versuchsfahrten durchgeführt worden. Der Fahrwiderstand des Wagens wurde aus Auslaufversuchen auf einer Strecke mit 1,4‰ Steigung zu 8 kg/t ermittelt, den Steigungswiderstand mit eingerechnet. Die erreichte Höchstgeschwindigkeit betrug 55 km/h bei parallelgeschalteten und 17 km/h bei in Reihe geschalteten Motoren. Als mittlere Anfahrbeschleunigung wurden 1,14 m/s^2 festgestellt; die Stromspitzen erreichten dabei etwa den doppelten Stundenstrom. Im fahrplanmäßigen Betrieb beträgt die Beschleunigung dagegen nur etwa 0,89 m/s^2. Die bei den Versuchsfahrten gemessenen Bremsverzögerungen betrugen: 1,3 m/s^2 beim Nutzbremsen von 46 km/h bis auf 15 km/h Geschwindigkeit, die Stromspitzen erreichten dabei etwa den 2fachen Stundenstrom; 1,45 m/s^2 beim Widerstandsbremsen von 44 km/h bis auf 4 km/h; 1,2 m/s^2 bei der Luftdruckbremse von 43 km/h Geschwindigkeit an und bei normalem Druck in den Bremszylindern; 1,12 m/s^2 mit der Handbremse von 32 km/h Geschwindigkeit an, die Zeit vom Augenblick des Bremseinsatzes gerechnet. Beim Bremsen mit der Druckluftbremse wurde ein Bremsweg von 64 m erreicht. Die Nutzbremse ist bis zu einer Geschwindigkeit von 11,8 km/h wirksam. Die durchschnittliche Höchstgeschwindigkeit auf den Betriebsstreckenabschnitten wurde mit 42,4 km/h, die mittlere Fahrgeschwindigkeit mit 23,9 km/h und die mittlere Reisegeschwindigkeit mit 19,8 km/h — im Betriebe dagegen nur mit 18 km/h — ermittelt. Die zurückgewonnene Energie wird im Mittel mit 42% der im Motorbetrieb aufgenommenen angegeben, wenn der Wagenführung besondere Aufmerksamkeit geschenkt wird. Dies ist ein Wert, der wohl im Betrieb kaum erreicht werden dürfte, wie die Erfahrungen dies in Deutschland gezeigt haben. Der Arbeitsbedarf wird mit 50 Wh/tkm für den Versuchs- und mit 72,5 WhH/tkm für den normalen Betrieb angegeben. Obwohl der Wagen reichlich schwer ist, wird er auf Grund seiner guten Eigenschaften als Zwischenlösung für die vierachsige Ausführung der Straßenbahnwagen für Großstädte vorgeschlagen. Gleichzeitig soll hierfür nach Muster des amerikanischen PCC-Wagens[1]) ein Einheitswagen entwickelt werden; jedoch dürfte seine Fertigstellung mit den erforderlichen Entwicklungs- und Umstellungsarbeiten einige Zeit in Anspruch nehmen. *Wh.*

DK 625.62 (73) : 621.335.42

Der amerikanische Einheitsstraßenbahnwagen. [Nach Verkehrstechn. 21 (1940) S. 298; 2½ S., 11 B.]

St. Louis hat 100 Straßenbahnwagen der PCC-Bauart[1]) neu beschafft, die sich gegenüber den früheren Ausführungen dieses Einheitstyps in wagenbaulicher und elektrischer Beziehung, besonders bezüglich der Bremseinrichtung und der Motorlüftung, unterscheiden. Die 59 Sitzplätze fassenden Vierachs-Eindeck-Drehgestell-Triebwagen mit aus elektrisch verschweißten Stahlträgern konstruierten Wagenkästen wiegen bei 14 m Länge und 2,54 m Breite leer insgesamt 15,7 t. Vier Motoren sind in den Drehgestellen parallel zur Wagenlängsachse untergebracht und treiben die Achsen über Hypoid-Getriebe an. Zwei Motoren sind dauernd in Reihe geschaltet. Die Motoren sind von völlig geschlossener Bauart für Fremdlüftung eingerichtet und wiegen 8 kg/kW. Die höchste Anfahrbeschleunigung beträgt 2,11 m/s^2. Die batteriegespeiste selbsttätige Vielstufensteuerung (100 Stufen, vermutlich ebenfalls Kollektorsteuerung) für Fahren und Bremsen wird von dem linken der beiden am Führerplatz vorgesehenen Fußhebel bedient. Der rechte Fußhebel dient zur Betätigung der drei vorhandenen Bremsen, die sowohl bei Betriebsbremsung als auch im Fall der Notbremsung in folgender Reihenfolge zur Wirkung kommen: zuerst die elektrische Kurzschlußbremse als Betriebsbremse, dann die selbsttätige Feder-(Trommel-)Bremse, die auf jeder Motorwelle vorhanden ist und die Hand- bzw. Fußbremse ersetzt. Das Festhalten in der Lösestellung geschieht durch Spulen, die einerseits von der Fahrdrahtspannung gespeist werden und von ihr abhängen (Bremsung bei Wegbleiben der Fahrdrahtspannung) und anderseits an die Wagenbatterie angeschlossen sind, wobei eine entsprechende Einrichtung für das Einsetzen der mechanischen Bremse in dem Augenblick sorgt, in dem die Wirkung der elektrischen Bremse durch Erreichen der entsprechenden unteren Geschwindigkeitsgrenze ein gewisses Mindestmaß unterschritten hat. (Diese Bremsauslösung geschieht stufenweise bei je 2 und 2 Bremstrommeln zum Zwecke der Abstufung der Bremswirkung.) Schließlich ist als dritte die elektrische Schienenbremse als Notbremse bei Durchtreten des Bremsfußhebels bis zur letzten Stellung wirksam. Die Bremsverzögerung beträgt betriebsmäßig 2,11 m/s^2 und bei Notbremsung 4,0 m/s^2. Ein kombinierter Motorgenerator mit angekuppeltem Gebläse dient einerseits zum Laden der Wagenbatterie (Blei-Acid-Typ, 32 V, 56 Ah), anderseits zum Antrieb eines Gebläses zur Lüftung des Fahrgastraumes und zur Belüftung der Motoren.

Die weite Verbreitung des PCC-Straßenbahnwagens in den V. S. Amerika drängt in diesem Zusammenhang die Frage der Einführbarkeit ähnlicher Bauarten auch im Inland auf. Offensichtlich ist der Hauptgrund für die Verbreitung des amerikanischen Einheitswagens in der bereits erfolgten Klärung grundlegender Vorfragen verkehrlicher und technischer Natur im Nahverkehr der amerikanischen Städte zu suchen. Mit der einheitlichen Einführung von Einheitstarifen hat sich auch der feste Schaffnerstandplatz und der geregelte Fahrgastfluß durchgesetzt, was für die konstruktive Ausgestaltung der Fahrzeuge von ausschlaggebender Bedeutung ist; ferner hat die eindeutige Festlegung auf den Ein-Richtungs-Verkehr zum Wegfall eines zweiten Führerplatzes mit den dort erforderlichen Steuerungsorganen geführt. Schließlich geben noch der Wegfall jeglichen Anhängerverkehrs und motorunabhängige vollwertige Bremsen die Möglichkeit, ferngesteuerte Fahr- und Bremssteuerungen unter wesentlich weniger kritischen Gesichtspunkten zu entwickeln, als dies z. B. in Deutschland erforderlich ist, wo die elektrische Kurzschlußbremse überwiegend die alleinige vollwertige Bremseinrichtung ist (Anhänger-Verkehr!). Die dadurch erleichterte Anwendung der Fernsteuerungen gibt wiederum die Möglichkeit, die Fahrzeugsteuerungen ausschließlich mit den Füßen bedienen und damit den Fahrer kraftwagenmäßig setzen zu können. [D. Ber.]. *A. Hs.*

[1]) ETZ 60 (1939) S. 462. — ETZ 59 (1938) S. 595, 644, 887.

Fernmeldetechnik

DK 621.396.11 : 538.66

Gedämpfte elektromagnetische Wellen in metallischen Hohlleitern. [Nach A. W. Mellow, Proc. Inst. Radio Engrs., N. Y. 28 (1940) S. 179; 5 S., 7 B.]

Da es bei der Untersuchung von Hohlleitern[1]) meist Schwierigkeiten macht, den für kleinere Rohrdurchmesser erforderlichen *Zm*-Wellensender aufzubauen bzw. zu beschaffen, wurden Vergleichsversuche mit einem einfach aufzubauenden Funkensender für gedämpfte Wellen ausgeführt und nach dieser Überprüfung der Versuchsanordnung Messungen der Wellenausbreitung in einem Hohlleiter mit elliptischem Querschnitt vorgenommen. Der kleine Funkensender besitzt zwei Wolframelektroden, die über zwei Hilfsspalte von je 8 mm über einen Hochspannungstransformator vom Netz aus gespeist werden. Der eigentliche Funkenübergang erfolgt bei einem Elektrodenabstand von etwa 0,04 mm in einem Petroleumbad. Bei $\lambda = 10,1$ cm waren die Elektroden 4 cm lang und hatten einen Durchmesser von 0,2 cm. Zur Anregung von Hohlleiterwellen wird der Sender so an ein Ende der Rohrleitung gesetzt, daß die Elektroden parallel zu einem Rohrdurchmesser stehen. Das Rohrende und der Sender werden von einer Abschirmung umschlossen. Bei dieser Stellung des Senders lassen sich im Hohlleiter leicht $H_{1,1}$-Wellen erzeugen. Die Wellenlängenmessung geschieht in einer an das Rohr angeschlossenen Resonanzkammer, an die ein Detektorkreis angekoppelt ist, mit einem veränderlichen Schieber. Die Vergleichsmessungen der Feldstärkeverteilung an einem Rohr mit rundem Querschnitt zeigen, daß die Messungen mit gedämpften Wellen dieselben Ergebnisse wie mit ungedämpften Wellen aufweisen. Ferner wurde die Rohrwellenlänge in Abhängigkeit von der Exzentrizität eines Hohlleiters mit elliptischem Querschnitt gemessen. Um die verschiedenen Exzentrizitäten herzustellen, wird ein 1,86 m langes Rohr aus verkupfertem Eisenblech von 31,4 cm Dmr. über seine ganze Länge durch Schraubentriebe deformiert. Die dabei wegen der nicht exakten elliptischen Querschnitte auftretenden Wellenlängenabweichungen betragen unter 4%. Je nachdem, ob die Elektrodenachse parallel zur großen oder zur kleinen Achse steht, können zwei Arten von Wellenformen nachgewiesen werden. Durch Einschalten von Gittern kann die eine oder die andere Ausbreitungsart in einem Hohlleiter unterdrückt werden. Dies kann bei einem Hohlleiter mit elliptischem Querschnitt besonders einfach

[1]) ETZ 59 (1938) S. 857. O. Schriever, Physik und Technik des Hohlraumleiters, ETZ 61 (1940) S. 749. S. a. F. Borgnis, Elektromagnetische Hohlraumresonatoren, ETZ 61 (1940) S. 461.



gemessen werden, da wegen der Rohrdeformation bei einer erregenden Frequenz und geeigneter Senderstellung im Rohr mehrere Rohrwellen auftreten. Je nachdem, ob man das Gitter im Hohlleiter, bestehend aus 11 kurzen, parallelen Kupferdrähten, die auf einer Scheibe 5 cm vom Rohrende isoliert befestigt sind, parallel zu der einen oder der anderen Achse der Ellipse anordnet, wird die betreffende Schwingungsart unterdrückt. Bei weiteren Messungen zeigt sich, daß der Ort des Gitters im Hohlleiter unwesentlich ist, doch empfiehlt sich bei längeren Hohlleitern die Verwendung mehrerer paralleler Gitter. Unter gewissen Bedingungen treten auch schon bei kleinen Rohrexzentrizitäten starke Änderungen der Rohrwellenlänge auf. Dies kann dazu benutzt werden, um Ungenauigkeiten bei der Herstellung von Rohren festzustellen. Ein Versuchsrohr vom Nenndurchmesser 6,04 cm mit Durchmesserschwankungen von 6,00 bis 6,05 cm wird mit $\lambda = 10{,}3$ cm, also mit 98% der kritischen Wellenlänge erregt. Sind Sender und Empfangsdipol um 90° gegeneinander verdreht angeordnet, so treten bei Verdrehung des Hohlleiters um seine Achse wesentliche Schwankungen der Empfangsleistung auf. Durch Benutzung eines Gitters können diese Schwankungen noch erheblich verstärkt werden. Mit dem besprochenen Versuchsgerät konnten Durchmesserschwankungen von 0,83% festgestellt werden. *Drg.*

DK 621.396.619

Absorptionsmodelung mit veränderlichem Lastkreis für Dezimeterwellen. [Nach K. Lamberts, Hochfrequenztechn. 56 (1940) S. 1; 13 S., 29 B.]

In der Arbeit wird das unter dem Namen Absorptionsmodelung bekannte Modelungsverfahren näher untersucht. Die Wirkungsweise dieses Verfahrens erläutert das Widerstandsersatzbild in Bild 3a eines mit der Resonanzfrequenz rückwirkungsfrei erregten Lastkreises, dessen Wirkwiderstand R_{v_1} im Takt der Modelungsfrequenz gesteuert werden soll; in R_s sind die Eigenverluste des Kreises zusammengefaßt, U ist die eingekoppelte Urspannung. Bezeichnet man das Verhältnis des Stromes I_{s_1} zu seinem Höchstwert I_{sm} mit ϱ, so gilt

$$\frac{I_{s_1}}{I_{sm}} = \varrho\,, \quad R_{v_1} = R_s\,\frac{1-\varrho}{\varrho}\,, \quad I_{s_1} = \varrho\,\frac{U}{R_s}\,.$$

Im praktischen Fall wird der Steuerwiderstand durch die Modelspannung um einen mittleren Ruhewert ($\varrho = 1/2$) bis Null ($\varrho = 1$) und Unendlich ($\varrho = 0$) geändert. Den Zusammenhang mit dem Modelungsgrad ergibt die Gleichung

$$\varrho = \frac{1}{2}\,(1 + m\cos\omega_m t)\,, \tag{1}$$

mit der man über die Gleichung $i = \dfrac{u}{R_v + R_s}$ und die Gleichung für die Trägerschwingung $u = U_H \cos\omega_H t$ zur bekannten Seitenbanddarstellung einer gemodelten Schwingung kommt. Die Rückwirkung der bei dieser Modelungsschaltung auftretenden Belastungsschwankungen auf den Steuerkreis führt in den meisten Fällen zu einer unerwünschten Frequenzmodelung. Dieser Nachteil kann vermieden werden, wenn im Sinne von Bild 3b zwei Regelwiderstände R_v eingeführt werden, die gegensinnig so gesteuert werden, daß sich der Strom linear mit der modelnden Spannung ändert, während der Gesamtwiderstand fest bleibt. Es muß zu diesem Zweck $R_{v_1} = R_s\,\dfrac{1-\varrho}{\varrho}$ und $R_{v_2} = R_s\,\dfrac{\varrho}{1-\varrho}$ gemacht werden, denn es gilt $\dfrac{I_{s_1}}{I_{sm}} = \varrho$ und $\dfrac{I_{s_2}}{I_{sm}} = 1 - \varrho$. Für die Augenblickswerte der in den einzelnen Widerständen verbrauchten Leistung erhält man damit, bezogen auf die Höchstleistung N_{sm}, die Gleichungen

$$\frac{N_{s_1}}{N_{sm}} = \varrho^2, \quad \frac{N_{s_2}}{N_{sm}} = (1-\varrho)^2, \quad \frac{N_{v_1}}{N_{sm}} = \frac{N_{v_2}}{N_{sm}} = \varrho\,(1-\varrho)\,. \tag{2}$$

Aus diesen Augenblickswerten erhält man durch Integration über eine Modelungsperiode unter Berücksichtigung von Gl. (1)

$$\frac{\mathfrak{N}_{s_1}}{N_{sm}} = \frac{\mathfrak{N}_{s_2}}{N_{sm}} = \frac{1}{4}\left(1 + \frac{m^2}{2}\right), \quad \frac{\mathfrak{N}_{v_1}}{N_{sm}} = \frac{\mathfrak{N}_{v_2}}{N_{sm}} = \frac{1}{4}\left(1 - \frac{m^2}{2}\right)$$

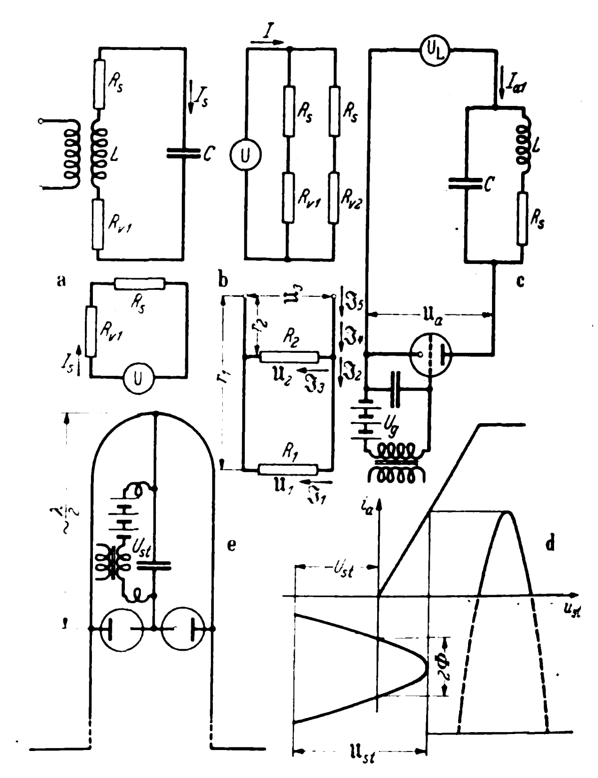
und damit $\sum \mathfrak{N} = N_{sm}$, d. h. der Sender ist während des ganzen Modelungsvorganges gleichmäßig belastet. Praktisch lassen sich als steuerbare Widerstände Elektronenröhren verwenden, die wegen ihres großen Innenwiderstandes dem Lastkreis quergeschaltet werden. Es ergibt sich dann das Ersatzbild in Bild 3c; dabei hängt die mit dem Kreis in Reihe liegende Leerlaufspannung $\mathfrak{U}_L$ mit der induzierten Spannung $\mathfrak{U}_i$ durch die Gleichung $\mathfrak{U}_L = \mathfrak{U}_i\,\dfrac{\omega L}{R_s}$ zusammen. Mit der Annahme einer geradlinig verlaufenden Steuerkennlinie der Röhre und nach Einführung des Stromflußwinkels Φ gemäß Bild 3d ergibt sich nach einiger Rechenarbeit die Spannung am Steuerwiderstand zu

$$\mathfrak{U}_a = \mathfrak{U}_L\,\frac{1}{1 + \dfrac{1}{\pi}\,S\,D\,\mathfrak{R}_a\,(\Phi - \sin\Phi\cos\Phi)} \tag{3}$$

und der wirksame Hochfrequenzwiderstand zu

$$\mathfrak{R}_{Hf} = \frac{\pi}{S\,D\,(\Phi - \sin\Phi\cos\Phi)}\,, \tag{4}$$

wenn $\mathfrak{R}_e = L/C\,R_s$ der Resonanzwiderstand des abgestimmten Schwingkreises, S die Steilheit und D der Durchgriff der Röhre ist. Statt der Dreipolröhre läßt sich auch eine Zweipolröhre verwenden; für diese gelten die Gl. (3) und (4), wenn man $D = 1$ setzt. Benutzt man zwei der eben beschriebenen, steuerbaren Lastkreise, so wird der Steuersender bei Gleichheit der



a Rückwirkungsfrei erregter Schwingkreis
b Ausgleichskreis
c Dreipolröhrenlastkreis
d Anodenstromverlauf in der Dreipolröhre
e Ersatzbild mit Paralleldrahtsystem

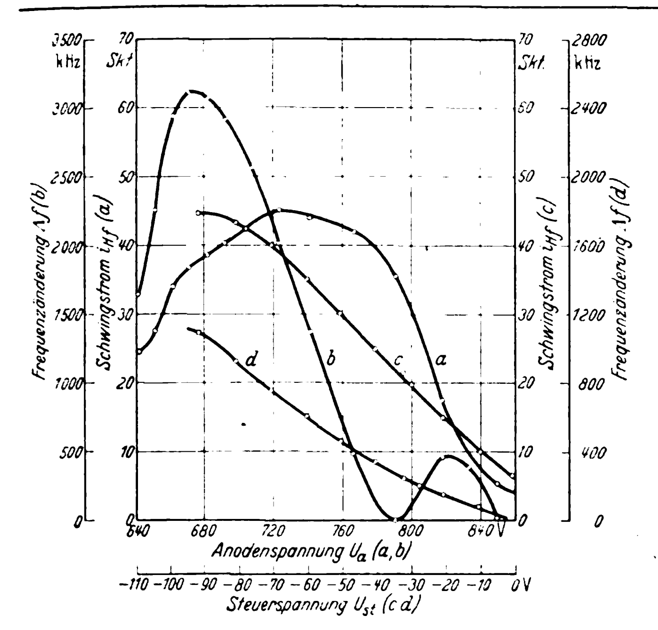
Bild 3. Lastkreisschaltbilder.

Lastkreise unabhängig vom Modelungsvorgang gleichmäßig belastet; die Röhre des Steuersenders muß dabei allerdings im Dauerbetrieb die Spitzenleistung abgeben. Praktische Versuche wurden an einem Sender im Rundfunkwellenbereich ($f = 10^6$ Hz) für zwei Belastungsfälle ($R_s = 32{,}2\,\Omega$ und $R_s = 70{,}3\,\Omega$) mit einer Gleichrichterröhre *AZ* 1 mit verbundenen Anoden angestellt. Die statisch gemessenen Modelungskennlinien $\mathfrak{U}_a = f(\mathfrak{U}_{st})$ hatten über den ganzen Aussteuerungsbereich einen geradlinigen Verlauf. Für die Nutzleistung N_s und die zugeführte Leistung N_z lassen sich die Gleichungen

$$N_s = I_s^2\,R_s = (\mathfrak{U}_a\,\omega\,C)^2\,R_s \quad \text{und} \quad N_z = \mathfrak{U}_i\,I_s = \mathfrak{U}_L\,\mathfrak{R}_s\,\mathfrak{U}_a\,C/L$$

aufstellen. Durch Einsetzen der gemessenen Werte der Leerlaufspannung $\mathfrak{U}_L$ und der Schwingkreisspannung $\mathfrak{U}_a$ sowie der Bestimmungsgrößen des Schwingkreises konnte ein mit der Messung übereinstimmender Verlauf der Leistungskurven errechnet werden. Im Dezimeterwellengebiet tritt an die Stelle des quasistationären Schwingkreises das Lechersystem, an dessen einem Ende der Sender und an dessen anderem Ende der Strahler als Belastungswiderstand sitzt. Ist der Belastungs-





a Schwingstrom b Frequenzänderung bei Anodenspannungsmodelung c, d das Gleiche bei Lastmodelung

Bild 4. Modelungskennlinien einer Magnetfeldröhre.

widerstand ein reiner Wirkwiderstand, der nicht angepaßt ist, so darf er bei der verlustfrei angenommenen Leitung nur in einem ganzzahligen Vielfachen von $\lambda/4$ vom Leitungseingang entfernt angeordnet werden, da nur so eine rein ohmsche Transformation zum Eingang hin stattfindet. Das Gleiche gilt für die Anordnungsmöglichkeiten eines Steuerwiderstandes. Die Anwendnng der einfachen Gleichungen der dämpfungsfreien Leitung auf das in Bild 3e gezeigte Ersatzbild eines mit dem Strahlungswiderstand R_1 und dem Steuerwiderstand R_2 belasteten Paralleldrahtsystems ergibt für den Fall, daß der Steuerwiderstand im Abstand $r_2 = \lambda/4$ und der Strahlungswiderstand im Abstand $r_1 = \lambda/2$ bzw. $r_1 = 3\,\lambda/4$ vom Leitungsanfang entfernt angeordnet sind, für den Eingangswiderstand R_3 der Leitung und die auf den Höchstwert N_{sm} bezogenen Augenblickswerte der Leistung im Strahlungswiderstand und im Steuerwiderstand die Gleichungen

$$R_3 = \frac{R_1}{\varrho'} \text{ bzw. } R_3 = \frac{Z^2}{R_1}\,\frac{1}{\varrho'}, \quad \frac{N_1}{N_m} = \varrho'^2, \quad \frac{N_2}{N_m} = \varrho'\,(1 - \varrho'),$$

wenn $\varrho' = 1 - I_3/I_4$ bedeutet. Legt man den Steuerwiderstand in eine Entfernung von $r_2 = \lambda/2$ und den Belastungswiderstand in eine Entfernung von $r_1 = 3\,\lambda/4$ bzw. $r_1 = \lambda$ vom Leitungsanfang, so erhält man auf Grund der Leitungsgleichungen die Beziehungen $\mathfrak{U}_1 = \mathrm{j}\,\mathfrak{U}_3\,R_1/Z$ bzw. $\mathfrak{U}_1 = \mathfrak{U}_3$. Die Rechnung ergibt also, daß die gewünschte Beeinflussung der Strahlungsleistung durch den Steuerwiderstand nur dann eintritt, wenn dieser im Abstand einer Viertelwellenlänge (oder einem ungeradzahligen Vielfachen davon) vom Leitungsanfang aus angeordnet ist. Wie im Fall quasistationärer Kreise läßt sich auch hier eine gleichmäßige Belastung des Senders durch Anordnen von zwei gleichen Leitungsgebilden erreichen. Es gilt dann $R_2 = \frac{Z^2}{R_1}\,\frac{\varrho'}{1-\varrho'}$ und $R_2' = \frac{Z_2}{R_1}\,\frac{1-\varrho'}{\varrho'}$.
Zur Prüfung der Güte der Lastmodelung wurden eingehende Messungen mit einem Rückkopplungssender, einem Magnetfeldröhrensender und einem Barkhausen-Kurz-Sender durchgeführt. Dabei wurde mit zwei Zweipolröhren in der Ausgleichschaltung gearbeitet. Die Frequenzänderungen wurden mit einem Überlagerungsempfänger gemessen; der Senderfrequenz wurde dabei die Oberschwingung eines Hilfssenders überlagert. Die Differenzfrequenz wurde dann mit einer dritten Frequenz, der Suchfrequenz, überlagert; der nun entstehende Ton wurde nach Verstärkung über ein Sieb einem Drehspulinstrument mit Gleichrichter oder einem Lautsprecher zugeführt. Ein Vergleich der Lastmodelung mit den bekannten Modelungsverfahren zeigte stets die Überlegenheit der Lastmodelung in jeder Beziehung. Besonders deutlich veranschaulichen das die in Bild 4 gezeigten Kennlinien einer Magnetfeldröhre bei Anodenspannungsmodelung und bei Lastmodelung. *E. C. M.*

Theoretische Elektrotechnik

DK 621.315.61.011.2

Der Oberflächenwiderstand von Isolierstoffen zwischen konzentrischen kreisförmigen Elektroden. [Nach G. Pfestorf u. W. Hetzel, Kunststoffe 30 (1940) S. 179; 2 S., 6 B.]

Für die Ermittlung des Oberflächenwiderstandes von Isolierstoffen sind in England und Amerika konzentrische kreisförmige Belegungen in Form von Kreisscheibe und Kreisring üblich, die auf die Oberfläche der plattenförmigen Isolierstoffproben aufgebracht sind. Wird die Rückseite der Isolierstoffplatte mit einer Gegenelektrode versehen, so hat man den üblichen Schutzringkondensator vor sich und kann am gleichen Prüfling unter vergleichbaren Bedingungen den Isolationswiderstand und den sogenannten Oberflächenwiderstand ermitteln. Messungen an verschiedenen Isolierstoffen zeigten, daß Oberflächen- und Durchgangsstrom in Abhängigkeit von der Temperatur von Raumtemperatur bis 120° praktisch denselben Verlauf haben (Bild 5). Mit wachsender Temperatur bewirkt die Wärmevorbehandlung außerdem eine Veränderung des Isolierstoffes unter allmählicher Verringerung der Gleichstromleitfähigkeit, wie dies bei früheren Messungen bereits vielfach beobachtet wurde[1]). Eine Umrechnung des gemessenen Oberflächenstromes auf einen spezifischen Oberflächenwiderstand hätte nur Sinn, wenn die Leitfähigkeit der Isolierstoffoberfläche größenordnungsmäßig über die Leitfähigkeit des Isolierstoffinneren überwiegt. Bei sämtlichen untersuchten Isolierstoffen wie Hartpapier, Hartgewebe, Typ S, Glas und Porzellan war dies nicht der Fall. Man erfaßte vielmehr auch bei der Messung zwischen Oberflächenbelegungen praktisch nur den Widerstand des Isolierstoffinneren. Messungen bei verschiedenen Elektrodenabständen führten zu demselben Schluß. Sieht man im übrigen davon ab, durch den Oberflächenwiderstand irgendwelche spezifischen Eigenschaften der Isolierstoffoberfläche erfassen zu wollen, so ist die Messung des Oberflächenwiderstandes vor und nach Wasser- bzw. Feuchtraumlagerung entsprechend VDE 0302 ein zuverlässiges Mittel, um in einfacher Weise die Verschlechterung der Isolationseigenschaften durch oberflächlich eingedrungene Feuchtigkeit nachzuweisen. *tz.*

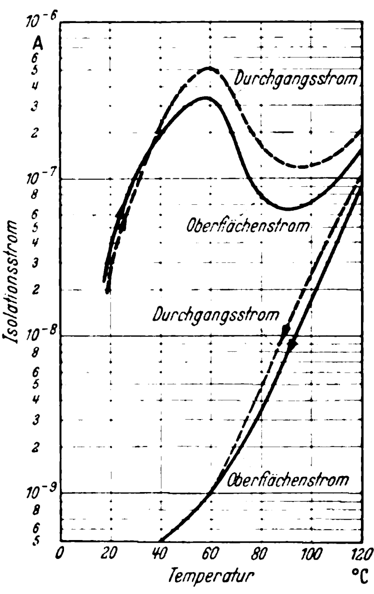


Bild 5. Durchgangs- und Oberflächenstrom von Hartgewebe G in Abhängigkeit von der Temperatur bei 100 V Gleichspannung.

Werkstatt und Baustoffe

DK 621.315.617.4

Neuere Lackdrähte aus Kupfer und Aluminium mit einheimischen synthetischen Emaillelacken.

Bei der Umstellung der leinöl-holzölhaltigen Draht-Emaillelacke auf solche einheimischer, synthetischer Grundlage für die Herstellung von Lackdrähten aus Kupfer und Aluminium mußten die großen ausländischen Ölmengen eingespart, die notwendigen Anforderungen mechanischer und elektrischer Art an Isolation und Lackdraht erfüllt und ausschließlich Heimstoffe verwendet werden. Während die bisherigen Lackdrähte auf dem Schwachstrom- und Fernmeldegebiet für viele Zwecke technisch genügten, war hierbei also nur eine Umstellung auf entsprechende Heimstoffe notwendig. Demgegenüber war für die Verwendung von Lackdrähten für Starkstromwicklungen des Elektromaschinenbaues eine Reihe technischer Verbesserungen durch höhere Imprägnierfestigkeit und bessere Wärmebeständigkeit außer der Heimstoffumstellung die Voraussetzung für die erweiterte Benutzung von Lackdrähten.

1) Vgl. ETZ 59 (1938) S. 875.

Um die Forderung nach DIN VDE 6450 auf Nichtbeschädigung der Lackschicht nach Dehnung des Drahtes bis 25% oder bis zum Bruch mit ölfreien Lacken einzuhalten, wurden besondere ölfreie Kunstharze entwickelt, die auch die übrigen Forderungen hinsichtlich Isolations- und Durchschlagfestigkeit nach DIN VDE 6435 und 6450 einhalten. Im Elektromaschinenbau sind derartige Lackdrähte den bisher verwendeten Drähten mit Isolierungen aus Baumwolle, Seide und Papier außer durch Heimstoffverwendung noch durch größere Wärmebeständigkeit und bessere Wickelraumausnutzung überlegen. Während die ausgedehnte Benutzung von Lackdrähten mit Lacken auf Ölbasis im Elektromaschinenbau wegen deren Imprägnierfestigkeit nicht immer möglich war, wurde durch die neueren Lackdrähte mit einheimischen synthetischen Emaillelacken infolge der erhöhten Wärmebeständigkeit eine ausreichende Imprägnierfestigkeit und Unempfindlichkeit gegen Tränklacke erreicht. Hinzu kommt, daß der Draht-Emaillelack wegen seiner Wärmebeständigkeit ab 1. 1. 1939 von Isolationsklasse A in die Klasse B der Wärmebeständigkeitsklassen nach § 38 von VDE 0530 eingereiht und höhere Grenzerwärmungen für Lackdrahtwicklungen bis zu Temperaturen von 35° + 80° = 115° C zugelassen wurden. Bei der Prüfung von derartigen Lackdrähten für den Elektromaschinenbau nach DIN VDE 6450 wurden auch die individuell verschärften Anforderungen hinsichtlich Dehnung, Wickelprobe und Alterung eingehalten. Die Lacke sind beständig gegen Benzin und bei Kochen im Wasser, was sie besonders zur Verwendung in Hilfsmaschinen für Fahrzeugmotoren wie Lichtmaschinen, Anlasser usw. geeignet macht. Günstig sind ferner die Werte des Oberflächenwiderstandes und die rein mechanischen Eigenschaften. Da der neue Draht-Emaillelack auch die Forderung nach Verarbeitung auf den vorhandenen Lackiermaschinen erfüllt und somit kostspielige Umstellungen dabei unnötig werden, der Lack außerdem auch auf Aluminiumleitern ausreichend und beständig haftet, dürfte für diese neueren Lackdrähte mit einheimischen synthetischen Emaillelacken eine weitgehende Anwendung gesichert sein.

fa.—E. T.

Verschiedenes

DK 620.192.4 : 669.1/.7

Untersuchung des zeitlichen Ablaufes von Umklappvorgängen in Metallen. [Nach F. Förster u. E. Scheil, Z. Metallkde. 32 (1940) S. 165; 8½ S., 19 B.]

Die meisten Vorgänge im metallischen Zustand gehen durch Keimbildung und anschließendes Wachstum der Keime und in der Nähe der Gleichgewichtstemperatur vor sich. Bei starken Unterkühlungen kann dagegen der Übergang in den stabilen Zustand auch durch gleichzeitiges Umklappen ganzer Kristallgitterbereiche geschehen. Diese Vorgänge laufen so rasch ab, daß sie den Probekörper zu akustischen Schwingungen anregen können. Hierzu gehört vor allem die mechanische Zwillingsbildung bei der Kaltverformung, die z. B. als Zinngeschrei beim Biegen einer Zinnstange allgemein bekannt ist. Ferner sind die Martensitbildung im Stahl und die β/α-Umwandlung des Zirkons ebenfalls Umklappvorgänge, die unter Umständen mit Geräuschen verbunden sind. Nachdem der Vorgang der Martensitbildung bereits von A. Hanemann, W. Hofmann und H. J. Wiester[1]) im Film festgehalten und untersucht wurde, besteht die Zielsetzung der vorliegenden Arbeit in der Messung des zeitlichen Ablaufs eines solchen Umklappaktes. Dabei wurde die beim Umklappen auftretende Änderung des elektrischen Widerstandes mit einem Schleifenoszillograph, und als dieser nicht ausreichte, mit einem Kathodenstrahloszillograph gemessen (Bild 6). Der Widerstand der drahtförmigen Proben wurde nach dem Strom-Spannungs-Verfahren bei konstanter Stromstärke gemessen, wobei die an der Probe auftretenden Spannungsänderungen einmal unmittelbar an der Meßschleife 1 gemessen wurden, zum anderen Male in einem Transformator Induktionsstromstöße erzeugten, die von der Meßschleife 2 registriert wurden und den Differentialquotienten der Spannungskurve lieferten. Aus dem Ausschlag p, der Größe ΔE (Spannungsänderung an Schleife 1) und der Transformatorkonstanten a ergibt sich die Bildungszeit ΔZ nach der Gleichung $p = a\,\Delta E/\Delta Z$. Untersucht wurden die Martensitbildung, die β/α-Umwandlung des Zirkons und die Zwillingsbildung an Wismut-Einkristallen.

[1]) Arch. Eisenhüttenw. 6 (1932/33) S. 199.

Die Messungen am Schleifenoszillograph ergaben für die Martensitbildung eine Zeit von 0,02 s, die den Verfassern jedoch zu lang erschien. Die Ursache der zu großen Bildungszeit wurde in Verzerrungen des Transformators gefunden, der beim Umklappvorgang zu Schwingungen angeregt wurde. Zu den weiteren Versuchen wurde daher ein Kathodenstrahloszillograph verwendet. Die Spannungsänderungen wurden in einem eigens dafür gebauten Wechselstromverstärker mit einem Frequenzumfang von $1{,}5 \cdot 10^6$ auf das 10^5fache verstärkt und dem

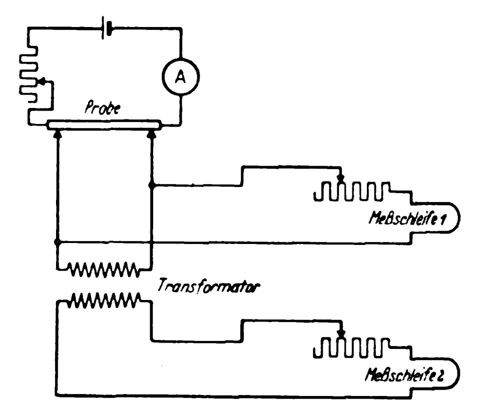


Bild 6. Versuchsanordnung zur Messung der zeitlichen Widerstandsänderungen mit dem Schleifen-Oszillographen.

einen Plattenpaar der Braunschen Röhre zugeführt, während die Zeitablenkung durch eine Kippschwingung geschah. Die auf dem Leuchtschirm sichtbaren, zeitlichen Widerstandsänderungen wurden mit einer photographischen Kamera aufgenommen. Aus den so erhaltenen Kurven geht hervor, daß die Widerstandsänderungen beim Umklappvorgang sehr rasch vor sich gehen und daß sich daran Schwingungen anschließen, die bei der Martensit- und Zwillingsbildung deutlich periodisch sind und manchmal von Schwebungen begleitet werden (Bild 7).

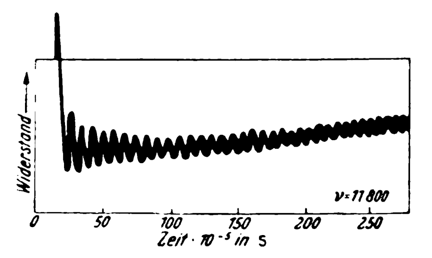


Bild 7. Kathodenstrahl-Oszillogramm eines Umklappaktes bei der Martensitbildung.

Die mittlere Umklappzeit für Martensit beträgt nach diesen Messungen $7 \cdot 10^{-5}$ s, für Zirkon $3{,}3 \cdot 10^{-4}$ s. Bei der Zwillingsbildung hängt die Umklappgeschwindigkeit und die Frequenz der Widerstandsschwingungen von der Orientierung der Einkristalldrähte ab, während bei der Martensitbildung die Umklappzeit innerhalb der Meßgenauigkeit konstant war. Die Frequenz der Widerstandsschwingungen hängt bei der Martensitbildung vom Gefügezustand, die Amplitude von der Drahtstärke ab.

Die Umklappumwandlungen und die Zwillingsbildung sind einander so ähnlich, daß sie unter dem Oberbegriff Umklappvorgänge zusammengefaßt werden können; sie lassen sich weitgehend als mechanische Erscheinungen auffassen, die sich von den langsam ablaufenden, stetigen Schiebungsumwandlungen durch ihren stoßweisen, athermischen Ablauf unterscheiden. Sie rufen ebenfalls eine Verfestigung des Werkstoffes hervor und erfordern einen geometrischen Zusammenhang zwischen der Orientierung des Ausgangskristalles und der des neugebildeten Kristalls. Diese Beziehung ist für die Zwillings- und Martensitbildung sowie für die Zirkonumwandlung bekannt. Die Art der Umwandlungsdynamik ist von Einfluß auf die Gefügeausbildung und die strukturempfindlichen Eigenschaften, wie an einigen Gefügebildern verschieden behandelter Stähle nachgewiesen wird. *ur.*

VERSCHIEDENES

BEKANNTMACHUNGEN

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker
(Eingetragener Verein)

Fernsprecher: 30 06 31 — Postscheckkonto: Berlin 213 12
Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00
Postscheckkonto der ETZ-Verlag G. m. b. H.: Berlin 223 84

Ostdeutsche VDE-Tagung in Danzig

Da auch im Jahre 1941 eine Mitgliederversammlung des VDE nicht stattfinden wird, werden einzelne Sondertagungen verschiedener VDE-Bezirke durchgeführt. Am 23. und 24. Mai 1941 findet eine ostdeutsche VDE-Tagung in Danzig statt, die unter dem Hauptthema

„Werkstoffe der Elektrotechnik"

steht.

Teilnehmerkreis: VDE-Bezirke Danzig-Westpreußen, Niederschlesien, Oberschlesien, Ostpreußen, Pommern sowie Wartheland und Generalgouvernement.

Vorläufiger Zeitplan

Freitag, den 23. Mai:

Gruppe A: 2 Vorträge über elektrische Leiterwerkstoffe
Gruppe B: 2 Vorträge über magnetische Werkstoffe
Gruppe C: 1 Vortrag über dielektrische Werkstoffe.
Kameradschaftsabend.

Sonnabend, den 24. Mai:

Gruppe C: 2 weitere Vorträge über dielektrische Werkstoffe
Gruppe D: 1 politischer Vortrag.

Am Nachmittag: Stadtbesichtigungen von Danzig und Gotenhafen.

Nähere Einzelheiten werden rechtzeitig an gleicher Stelle veröffentlicht.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V. im NS.-Bund Deutscher Technik
Viefhaus
Geschäftsführer

VDE Bezirk Danzig-Westpreußen
Schmidt
Leiter des Bezirkes

Bezirk Berlin
vormals Elektrotechnischer Verein
(Gegründet 1879)

Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 I, VDE-Haus
Fernsprecher: 30 06 31

Fachversammlung

des Fachgebietes „Leitungstelegraphie und -telephonie"

Leiter: Direktor Professor K. Küpfmüller VDE.

Vortrag

des Herrn Dipl.-Ing. P. Mentz VDE, Berlin, am Dienstag, dem 1. April 1941, um 18^{30}, in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Hörsaal EB 301, über das Thema:

„Werkstofffragen der Nachrichtentechnik.
II. Leitungen und Kabel".

Inhaltsangabe:

Stoffsparende Entwicklung der Kabel- und Leitungstechnik.
Allgemeine Richtlinien für die Einführung neuer Werkstoffe.
Grundsätzliche Anforderungen an die Werkstoffe.
Neue Werkstoffe für den elektrischen Leiter, für die Isolierung und für die Umhüllung.
Neue Bauarten und ihr jeweiliger Eignungsbereich.

Eintritt und Kleiderablage frei.

Fachversammlung

des Fachgebietes „Leitungen und Leitungsnetze"

Leiter: Oberingenieur Dipl.-Ing. H. Calliess VDE.

Vortrag

des Herrn Dipl.-Ing. E. Bornitz VDE, Berlin, am Dienstag, dem 8. April 1941, um 18^{30}, in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Hörsaal EB 301, über das Thema:

„Der Starkstrom-Kondensator zur Blindleistungserzeugung im Netz"

Eintritt und Kleiderablage frei.

Das freie Elektron in der Physik und Technik

Herausgabe der Vortragsreihe in Buchform.

Die vom VDE Bezirk Berlin gemeinsam mit dem Außeninstitut der Technischen Hochschule Berlin in den Monaten November 1938 bis Februar 1939 veranstaltete Vortragsreihe „Das freie Elektron in der Physik und Technik" ist von Professor Dr. C. Ramsauer VDE in Buchform (Umfang 270 Seiten, 223 Textabbildungen, Verlag: Julius Springer, Berlin) herausgegeben worden.

Inhalt:

1. Das freie Elektron. Von Professor Dr. W. Gerlach, München.
2. Wechselwirkung zwischen Elektron und Materie. Von Professor Dr. C. Ramsauer VDE, Berlin.
3. Elektronenbefreiung. Von Professor Dr. W. Schottky, Berlin.
4. Entladungserscheinungen. Von Dr. M. Steenbeck, Berlin.
5. Strahlungsanregung von Gasen und festen Körpern. Von Dr. R. Frerichs, Berlin.
6. Röntgenphysik. Von Professor Dr. W. Kossel, Danzig.
7. Systematik der Elektronengeräte. Von Dr.-Ing. habil. E. Brüche, Berlin.
8. Verstärker- und Senderöhren (stationäre Vorgänge). Von Professor Dr. H. Rukop VDE, Berlin.
9. Nichtstationäre Vorgänge in Elektronenröhren. Von Dr.-Ing. H. Rothe, Berlin.
10. Stromrichter. Von Dr. A. Glaser VDE, Berlin.
11. Abbildungsgeräte. Von Dr.-Ing. E. Ruska, Berlin.
12. Leuchtröhren. Von Dr. H. Ewest, Berlin.

Der Preis des Buches, welches durch jede Buchhandlung zu beziehen ist, beträgt 24,— RM, gebunden 25,50 RM (Vorzugspreis für Hörer der Vortragsreihe 19,20 RM, gebunden 20,40 RM).

Arbeitsgemeinschaften (Technischer Nachwuchs)

Die Teilnahme ist frei. VDE-Mitgliedschaft ist nicht Bedingung.

Allgemeine Elektrotechnik. Leiter: Dr.-Ing. V. Aigner VDE.
31. März 1941, 18^{00}, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. „Verkehrskanäle der Fernwirktechnik". Vortragender: Ingenieur R. Bartenstein VDE.

Fernmeldetechnik. Leiter: Obering. Dipl.-Ing. K. Wagner VDE.
1. April 1941, 18^{00}, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. Vortragsreihe: Fernsprechtechnik. III. Teil: Vermittlungswesen. 2. Fernämter. Vortragender: F. Wobersin.

Meßtechnik. Leiter: Dr.-Ing. H. F. Grave VDE.
2. April 1941, 18^{00}, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. Vortragsreihe: Feinmeßtechnik. „Präzisionswiderstände für Meßzwecke". Vortragender: Dr. phil. G. Johannsen.

Elektromaschinenbau. Leiter: Ingenieur K. Bätz VDE.
3. April 1941, 18^{00}, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. Vortragsreihe: Sonderfragen des Elektromaschinenbaues. „Ausgleichsvorgänge in Synchronmaschinen". Vortragender: Oberingenieur J. Tittel VDE.

VDE Bezirk Berlin
vormals Elektrotechnischer Verein
Der Geschäftsführer
Burghoff

Niederschrift über die Jahresversammlung am 12. Februar 1941

Tagesordnung:

1. Geschäftliche Mitteilungen.
2. Jahresbericht.
3. Wahl der Rechnungsprüfer für die Prüfung des Geschäftsjahres 1940.
4. Vortrag des Herrn Reg.-Rat Dr. E. Justi, Berlin, über das Thema: „Elektrischer Leitungsmechanismus und Supraleitfähigkeit der Metalle".

Vorsitz: Herr Professor Dr.-Ing. Kloß VDE.

Zu Punkt 1:

Der Vorsitzende gibt die in den Monaten Februar und März 1941 stattfindenden Vortragsveranstaltungen bekannt.

Zu Punkt 2:

Vorsitzender: „Zu Beginn des Jahresberichtes bitte ich Sie, mit mir unserer im Jahre 1940 verstorbenen Mitglieder zu gedenken. Für Deutschlands Größe und die Erneuerung Europas starben den Heldentod:

Alfred Lehnhäuser, Dipl.-Ing., gefallen in einer Panzer-Kampfstaffel am 5. Juni 1940;
August Meyer, Dipl.-Ing., gefallen bei der Luftwaffe am 7. Mai 1940;
Karl Rosenthal, Dipl.-Ing., gefallen an der Maginotlinie am 21. Juni 1940.

Diese Toten werden uns stets unvergessen bleiben und uns immer an unsere Pflichten gemahnen. Weiterhin sind im Berichtsjahr die folgenden Mitglieder verschieden:

Heinrich Bindernagel, Dipl.-Ing.,
Heinrich Blendermann, Direktor Dipl.-Ing.,
Adolf Franke, Dr. phil. Dr.-Ing. E. h.,
Erich Giebe, Professor Dr. phil.,
Josef Haslauer, Ingenieur,
Jack Hissink, Dr.-Ing. E. h.,
Josef Hossinger, Dipl.-Ing.,
Felix Jäger, Dipl.-Ing.,
Willi Lehmann, Ingenieur,
Wilhelm Meyer, Ingenieur,
Arthur Mierisch, Dipl.-Ing.,
Oskar Möller, Dipl.-Ing.,
Kurt Ostwald, Direktor,
Hermann Passavant, Dr.-Ing. E. h., Dr. phil.,
Erhard Rulla, Ingenieur,
Fritz Sattler, Betriebsführer,
Felix Schultz, Oberingenieur,
Christian Smout, Dipl.-Ing., Bussum/Niederlande,
Bruno Teichmann, Ingenieur,
Volkmar Vieweg, Oberregierungsrat,
Wilhelm Wehrle, Major, Dipl.-Ing.

Auch diesen Mitgliedern, die zum Teil schon sehr lange dem VDE angehört haben, werden wir ein ehrendes Andenken bewahren.

Wenn ich nun über unser Vortragswesen berichte, so möchte ich zunächst dem Leiter unseres Hauptausschusses, Herrn Professor Dr.-Ing. Moeller, sowie allen Mitgliedern des Hauptausschusses und den Fachgebietsleitern für ihre treue und wertvolle Mitarbeit danken. Wie Sie wissen, hat unsere Vortragstätigkeit zu Beginn dieses Krieges vorerst ganz geruht und dann nach Beendigung des Polen-Feldzuges wieder langsam eingesetzt. Für das Jahr 1940 ist nun eine stetige Aufwärtsbewegung des Vortragswesens festzustellen. Es fanden eine Jahresversammlung, vier Bezirksversammlungen, zwei Gemeinschaftsveranstaltungen mit der Deutschen Lichttechnischen Gesellschaft und sieben Fachversammlungen statt.

Die gleiche Tendenz hat sich bei unseren Arbeitsgemeinschaften (Technischer Nachwuchs) gezeigt. Hier wurden im Berichtsjahr 103 Vortrags- und Aussprachеabende durchgeführt. Der bisherige Obmann der Arbeitsgemeinschaften, Herr Oberingenieur Dipl.-Ing. von dem Knesebeck, mußte im Laufe des Jahres sein Amt an Herrn Reg.-Baurat Dr.-Ing. habil. Kother abgeben, da er von seiner Firma in das besetzte Gebiet versetzt wurde. Auf Anregung des neuen Obmannes wurde eine neue Arbeitsgemeinschaft „Elektrotechnisches Rechnen" gegründet, so daß die Zahl der Arbeitsgemeinschaften nunmehr 14 beträgt. Die bisherigen Erfahrungen der Arbeitsgemeinschaften, die sich nun schon über ein Jahrfünft erstrecken, haben gezeigt, daß die Behandlung der Sachgebiete in Form von Vortragsreihen dem Bedürfnis der jungen Ingenieure im allgemeinen am besten entspricht. In der einen oder anderen Arbeitsgemeinschaft lassen sich allerdings Vortragsreihen nur schlecht durchführen, weil der zu behandelnde Stoff sich hierzu nicht eignet. Der außerordentlich starke und immer noch ansteigende Besuch unserer Arbeitsgemeinschaften ist der beste Beweis für ihre ausgezeichneten Leistungen. Ich sage daher dem früheren wie dem jetzigen Obmann sowie allen Arbeitsgemeinschaftsleitern und deren Vertretern meinen besonders herzlichen Dank.

Werksbesichtigungen konnten aus erklärlichen Gründen ebenso wie im Vorjahre diesmal nicht durchgeführt werden. Das gleiche gilt für Feste und Ausflüge.

Der gemeinsame Fachausschuß mit dem Außeninstitut der Technischen Hochschule hat im Berichtsjahr die zur Zeit noch laufende Vortragsreihe „Elektrische Meßtechnik" begonnen. Die Beteiligung an der Vortragsreihe ist wieder eine ganz ungeheure. Wir ersehen daraus, daß auch während des Krieges die Veranstaltung größerer Vortragsreihen durchaus berechtigt ist. Herrn Oberingenieur Dr.-Ing. E. h. Trettin, dem Leiter des Fachausschusses sowie seinen Mitarbeitern gilt ebenfalls mein Dank.

Der Ausschuß für geschichtliche Arbeiten hat im Berichtsjahr eine größere Anzahl „Geschichtlicher Einzeldarstellungen aus der Elektrotechnik" angeregt. Über Einzelheiten werde ich Ihnen nach Fertigstellung der Arbeiten berichten. Ich danke den Herren des Geschichtsausschusses, insbesondere ihrem Leiter, Herrn Oberpostrat Dr. Moench, für alle Mühe, der sie sich unterzogen haben.

Die Zahl unserer Mitglieder, die sich im Jahre 1939 um 499 vergrößert hatte, ist im Jahre 1940 um 134 angewachsen. Wir zählten daher am 31. 12. 1940 4824 Mitglieder. Aus dem verhältnismäßig niedrigen Zuwachs von 134 Mitgliedern darf nicht geschlossen werden, daß die Zahl der neu eingetretenen Fachgenossen im Berichtsjahr eine geringe war. Etwa 600 neue Mitglieder sind im Laufe des Jahres 1940 aufgenommen worden. Jedoch beträgt infolge Abganges (insbesondere durch Übertritt von Mitgliedern zu anderen Bezirken) der tatsächliche Zuwachs nur 134."

Zu Punkt 3:

Auf Vorschlag des Vorsitzenden werden von der Versammlung die Herren Professor Dr. Faßbender und Oberpostrat Dr. Moench einstimmig zu Rechnungsprüfern für das Geschäftsjahr 1940 gewählt.

Zu Punkt 4:

Herr Dr. Justi hält seinen Vortrag über „Elektrischer Leitungsmechanismus und Supraleitfähigkeit der Metalle"[1], welcher von mehreren hervorragend gelungenen Vorführungen (erstmalige Vorführung der Supraleitfähigkeit vor einem großen Auditorium) begleitet wird. Mit herzlichen Worten des Dankes und der Anerkennung für den Vortragenden und seine Mitarbeiter schließt der Vorsitzende die Versammlung.

VDE Bezirk Berlin
vorm. Elektrotechnischer Verein E. V.
M. Kloss

Sitzungskalender

VDE Bezirk Mittelhessen, Frankfurt a. M. 2. 4. (Mi), 18^{30}, Kunstgewerbeschule: „Fortschritte im Bau elektrischer Industrieöfen". Dipl.-Ing. K. A. Lohausen.

VDE Bezirk Niedersachsen, Hannover, 8. 4. (Di), 18^{30}, T. H.: „Werkstoffsparende Konstruktionen und Austauschstoffe auf dem Gebiet der Schaltgeräte". Obering. Dr.-Ing. D. Müller-Hillebrand VDE.

VDE Bezirk Oberschlesien, Hindenburg. 3. 4. (Do), 17^{45}, Büchereisaal der Donnersmarck-Hütte: „Elektrischer Antrieb großer Kolbengasverdichter durch Asynchron- und Synchronmotoren" (m. Lichtb.). Prof. Dr.-Ing. E. Kübler VDE.

VDE Stützpunkt Senftenberg. 31. 3. (Mo), 18^{30}, Bergbauhaus, Dubinaweg 1: „Neuere Konstruktionen von Hochspannungs- und Freileitungsisolatoren sowie deren Lichtbogenschutz" (m. Lichtb. u. Schmalfilm). Dr.-Ing. P. Hochhäusler VDE.

PERSÖNLICHES

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten)

K. Bilau †. — Im Alter von 69 Jahren starb in Berlin Herr Major a. D. Kurt Bilau. Der Verstorbene ist in Fachkreisen bekanntgeworden durch seine mit großem Eifer betriebenen Bemühungen um die Ausnutzung der Windkraft. Aus dem Weltkriege, der ihm die Auszeichnung des EK II

[1] Der Vortrag wird demnächst in dieser Zeitschrift veröffentlicht.



und I. Klasse brachte, zurückgekehrt, veranlaßte ihn das beginnende große Windmühlensterben, seinen alten Plan des Baues stromlinienförmiger Flügel, die er mit Repeller bezeichnete, von neuem aufzunehmen, um die Windmühlen wirtschaftlicher zu gestalten. Während des Jahres 1920 wurden zunächst im Göttinger Windkanal 283 Meßreihen ausgeführt, und dann begann der Bau einzelner Anlagen, bei denen Bilau fast sein gesamtes Vermögen geopfert hat. Aus anfänglichen Mißerfolgen heraus entstand schließlich ein ganzstromlinienförmiges Aggregat mit 9 m Flügeldurchmesser, das sich während einer einjährigen Prüfung 1924/25 durch eine ausländische Universität aufs beste bewährt hat. Die beginnende Wirtschaftskrise machte Bilau die Finanzierung stromlinienförmiger Flügel nicht mehr möglich, so daß er sich nunmehr mit Erfolg der Verbesserung der Windmühlen zuwandte. Die Erfindung des Drehhecks und der Ventikanten sind mit dem Namen Bilau unlösbar verbunden. Die für den Bau der Ventikanten erforderlichen Messungen wurden im Windkanal der Berliner Technischen Hochschule ausgeführt, dessen Bau seinen Bemühungen mit zu verdanken ist. Eine große Anzahl mit Ventikanten und Drehheck ausgerüstete Windmühlen sind erprobt und legen durch ihre erhöhte Leistung ein beredtes Zeugnis für die Pioniertätigkeit Bilaus ab. E. Rogge VDE

K. Krohne. — Am 1. 3. 1941 konnte Herr Ober-Ing. Kurt Krohne VDE auf eine 40jährige erfolgreiche Tätigkeit im Büro Berlin der AEG zurückblicken. Bereits als junger Ingenieur betätigte er sich bei der Entwicklung elektrischer Antriebe für landwirtschaftliche Maschinen, wobei er schon frühzeitig auf Grund seiner Erfahrungen die Schaffung eines Motorschutzes anregte, der den Drehstrommotor in der Landwirtschaft gegen die Gefahren des Einphasenlaufes schützen sollte. Neben der Durchbildung von Motorwagen und Schleifen für Dreschmaschinen sowie Motortragen für Reinigungs- und Sortiergeräte, von Antrieben für Futterbereitung, Molkereien und Werkstätten usw. war Krohne an der konstruktiven Verbesserung des AEG-Elektropfluges nach dem Einmaschinensystem maßgeblich beteiligt. In der Kriegszeit war er im Kriegsministerium in der Abteilung für Metallbeschaffung beschäftigt. Danach übernahm er die technische Leitung des AEG-Büros in Frankfurt a. d. Oder und gründete 1922 die dortige Zweiggruppe des ehem. Elektrotechnischen Vereins, deren Vorsitzender er längere Zeit war. Seiner persönlichen Initiative ist es zu verdanken, daß in Zusammenarbeit mit der Deutschen Reichspost im Jahre 1926 Versuche durchgeführt wurden, um die Berliner Vorträge nach Frankfurt (Oder) zu übertragen. Mitglied des Hauptausschusses des VDE Bezirk Berlin ist Kurt Krohne seit 1904. Seit dem Jahre 1932 ist Krohne technischer Leiter der Abteilung K des AEG-Büros Berlin. Besondere Anerkennung verdienen seine langjährigen Bemühungen um die planmäßige Ausbildung des Nachwuchses sowie die Veröffentlichungen und Vorträge auf dem Gebiete der Anwendung der Elektrizität in der Landwirtschaft.

BRIEFE AN DIE ETZ

(Der Abdruck eingehender Briefe erfolgt nach dem Ermessen der Wissenschaftlichen Leitung und ohne deren Verbindlichkeit.)

DK 621.316.91 : 621.316.13

Bemerkungen zu dem Aufsatz von Herrn G. Bach: „Sichern oder Ausbrennen in Niederspannungs-Maschennetzen" in ETZ 61 (1940) H. 41, S. 935

Herr Gerhard Bach kommt zur Feststellung, daß die sicherungslose Vermaschung das gegebene Mittel sei um Niederspannungsnetze auf eine höhere Betriebssicherheit zu bringen. Hierzu sind einige Vorbehalte zu machen.

Herr Bach zeigt in Bild 3 seiner Ausführungen — die sich übrigens auf 3 × 220 V-Netze beschränken — Kabelkennlinien, zu denen er über eine Umrechnung aus der Kurve des Bildes 2 gelangt. Abgesehen davon, daß die Ausbrennlänge nicht allein vom Querschnitt und Kurzschlußstrom abhängig ist — es spielen dabei sicherlich der Aufbau des Kabels und die Bodenverhältnisse an der Kurzschlußstelle eine wesentliche Rolle mit — werden zur Aufstellung der Charakteristik des Bildes 2 anscheinend Werte aus vermascht- und offenbetriebenen Netzen verwendet. Im vermaschtbetriebenen Netz muß aber nach dem Ausbrennen der eigentlichen Kurzschlußstelle bei größeren Ausbrennlängen mit 2 getrennt brennenden Lichtbögen gerechnet werden, die von ganz verschiedenen Kurzschlußströmen gespeist sein können. Die Ausbrennlänge darf in einem solchen Fall nicht in Beziehung zum Gesamtkurzschlußstrom gesetzt werden und kann nicht in Verbindung mit der Ausbrennlänge bei einseitig gespeisten Kurzschlüssen gebracht werden.

Über diese nicht ganz einwandfreie Grundlage kommt Herr Bach nun mit einer Annahme über den Kurzschlußstrom und über einen Mittelwert der Ausbrenngeschwindigkeit zu den — wie er selbst zugibt — unsicheren Kabelkennlinien des Bildes 3. Der Verlauf dieser Kennlinien muß besonders im Gebiet der kleinen Kurzschlußströme in Zweifel gezogen werden. Denn gerade in diesem Gebiet spielt die Wärmeableitung, mitbestimmt durch den Aufbau des Kabels und die Bodenverhältnisse eine bedeutende Rolle. Die Erfassung dieser Faktoren ist aber durch die wenigen Auswertepunkte im Bilde 2 nicht gewährleistet, zumal dieselben aus einem Gebiet mit gleichen Bodenverhältnissen stammen. Außerdem sind aber die den in Bild 3 angegebenen Kabeln zugeordneten Sicherungen in der Nennstromstärke zu hoch gewählt. Eine geschlossene Sicherung besitzt einen Grenzstrom von 1,2 bis 1,3 × Nennstrom. Richtig ist es also, das Kabel mit einer Sicherung von der Nennstromstärke 0,8 bis 1,0 × Dauerbelastungsstrom des Kabels abzusichern. Demnach käme — genaue Unterlagen stehen mir zur Zeit nicht zur Verfügung — für das 25° Cu-Kabel eine Sicherung mit 125 oder 160 A Nennstromstärke an Stelle der 200 A Sicherung und für das 50° Cu-Kabel eine Sicherung mit 200 oder 225 A an Stelle der 300 A Sicherung in Betracht. Die Bewag-Maschennetzsicherung kann außer Betracht bleiben, da deren Kennlinie nach anderen Gesichtspunkten gestaltet wurde. Die Kennlinien des Bildes 3 können dementsprechend als nicht genügend beweiskräftig für die daraus gezogenen weitgehenden Folgerungen angesprochen werden.

Mit der von Herrn Bach als zulässig angesehenen Ausbrennlänge von 3 Metern gelangt man zu reichlich niedrigen Kurzschlußströmen für das einwandfreie Ausbrennen der verschiedenen Kabel. Bisher wurde ein Mindest-Kurzschlußstrom von rund 2000 A ohne Rücksicht auf den Kabelquerschnitt für ein einwandfreies Ausbrennen der Kabel als notwendig erachtet. Die Berliner Verhältnisse bezüglich Leistungs- und Belastungsdichte der Maschennetze werden nur für wenige andere Netze zutreffen. Wenn aber dort schon so niedrige Kurzschlußströme wie in dem Aufsatz angegeben auftreten, so muß in anderen Netzen mit noch weit kleineren Werten gerechnet werden. Bei diesen kleinen Kurzschlußströmen erfolgt aber ein einwandfreies Ausbrennen der Fehlerstelle und damit eine einwandfreie Fehlerabschaltung nicht mehr. Dementsprechend ist in solchen Netzen der Schutz der Kabel im Gebiet der kleinen Kurzschlußströme besonders wichtig. Dieser Schutz kann heute einwandfrei nur mit Sicherungen erreicht werden, die allerdings richtig ausgewählt sein müssen. Besonders geeignet für den Schutz der Kabel in Maschennetzen ist die Sicherung für Selektiv- und Querschnittschutz, wie ich sie in Heft 49 „ETZ" 1939 beschrieben habe.

Im Felde, November 1940 P. Denzel VDE

Stellungnahme zur Zuschrift von P. Denzel

Eine formelmäßige Erfassung der für das Kabelausbrennen wichtigen Einflüsse ist durch meinen Aufsatz zum ersten Male veröffentlicht worden. Ein erster Ansatz kann selbstverständlich Ungenauigkeiten oder Unrichtigkeiten enthalten, die durch vermehrte Erfahrungsergebnisse verbessert werden können. In diesem Sinne ist es nur zu begrüßen, daß Herr Denzel gegen meine Ausführungen Einwände erhebt, die, da sie nur theoretischer Natur sind und die bestehenden im mehrjährigen Netzbetrieb gesammelten Erfahrungen weder vermehren noch widerlegen können, dennoch zur Klärung der von mir vorgelegten Ergebnisse beitragen können.

Herr Denzel meint, daß die Aufstellung der Kabelkennlinie auf nicht einwandfreier Grundlage erfolgt, da Kurzschlußwerte sowohl aus Strahlen- als auch aus Maschennetzen miteinander in Vergleich gebracht wurden. In meinem Aufsatz habe ich jedoch bereits bemerkt, daß der Mindestwert der Ausbrennstromstärke im Maschennetz durch den größeren der beiden den Kurzschluß speisenden Kabelströme bestimmt zu sein scheint und daß der kleinere Teilstrom, wie bei Netzausläufern — und das gleiche trifft natürlich für Strahlennetze zu — gleich Null sein kann. Als Stromwerte sind dementsprechend bei den im Maschennetz aufgetretenen Fehlern jeweils der größere Teilstrom und bei den Fehlern in Strahlennetzen der einseitig

geflossene Strom in die Rechnung eingesetzt worden, also in jedem Fall nur ein Strom, so daß die Vergleichbarkeit gegeben ist. Das Unberechtigte dieses Verfahrens könnte nur an Hand von Erfahrungsunterlagen dargelegt werden.

Daß die Ausbrennlänge nicht allein vom Kabelquerschnitt und der Kurzschluß-Stromstärke, sondern auch von der Bauart des Kabels und den Bodenverhältnissen abhängt, ist zwar nicht besonders betont worden, diese Bedingungen sind aber durch die mitgeteilte Formel miterfaßt. Von Bedeutung sind diese Bedingungen nur, soweit sie sich in der Ausbrenn-Geschwindigkeit äußern. (Sie würden also lediglich den in der Formel für die Kabelkennlinie angegebenen Faktor 60 bzw. 2,5 ändern, nicht aber das Wesen der Formel beeinflussen.) Nach den Erfahrungen in Berlin mit nach Zusammensetzung wie nach Feuchtigkeitsgehalt ganz unterschiedlichen Bodenverhältnissen kommt indessen dieser Verschiedenheit keine solche Bedeutung zu wie der Kabelbauart. Während die Ausbrenngeschwindigkeit für Normalkabel bereits im Aufsatz mit 3 bis 8 cm/s angegeben wurde, müßte z. B. bei Sonderkabeln mit 8 bis 12 cm/s gerechnet werden[1]. Gerechterweise muß aber bemerkt werden, daß die Kennlinien für Schmelzsicherungen genau genommen auch nur durch ein Streuband und nicht durch eine exakte Linie dargestellt werden können.

Herr Denzel unterschätzt jedoch die Bedeutung des Querschnittes für das Ausbrennen. Er wird hierzu durch die bisherigen veröffentlichten Meinungen veranlaßt. Diese Meinungen müssen jedoch auf Grund der genauer betrachteten Erfahrungswerte verbessert werden. Die Abhängigkeit vom Querschnitt ist sehr auffällig und kann daher auch als bestgesichertes Ergebnis der bisherigen Untersuchungen angesehen werden. Dementsprechend kann man nicht einen einzigen Mindeststrom als Grenzwert für alle Querschnitte ansehen, sondern muß ihn nach dem Querschnitt staffeln. Dünne Hausanschlußkabel benötigen eine viel geringere Stromstärke zum Ausbrennen als starke Stationsableitungen. Es trifft auch nicht zu, daß 2000 A bisher allgemein als unterste Grenze angesehen wurden. 50 mm² Kupferkabel sind bereits laboratoriumsmäßig mit 750 A ausgebrannt worden. Diese Versuche führten jedoch zu unsicheren Ausbrennergebnissen. Auf Grund dessen konnten im Netzbetrieb der Bewag immerhin 1000 A als unterste Grenze angesehen werden.

Die Entwicklung einer selektiven Netzabsicherung durch geeignete Schmelzstreifen braucht durch die Nutzbarmachung der Kabelselbstsicherung keineswegs gehemmt zu werden. Auf keine Weise kann jedoch mit Schmelzsicherungen die Selektivität der Kabelselbstsicherung, die die Störung auf den denkbar kleinsten Umfang beschränkt, erreicht werden. Daß die in Bild 3 meines Aufsatzes angegebenen Sicherungskennlinien für größere Ströme angegeben sind, als der Belastbarkeit der gleichzeitig mitgeteilten Kabelkennlinien entspricht, ist zur Erklärung der tatsächlich aufgetretenen und ausgewerteten Sicherungsversager angegeben worden. Herrn Denzel als Netzfachmann wird es nicht unbekannt sein, daß sowohl in Strahlennetzen als auch in Maschennetzen die Absicherung nicht in erster Linie nach dem Querschnitt, sondern auf Selektivität bei Kurzschlüssen hin erfolgen muß. Zur Erhöhung der Betriebssicherheit der Netze, insbesondere um ihre Empfindlichkeit bei Stromstößen durch Abnehmer herabzusetzen, ist man schon seit Jahren von dem Absichern der Niederspannungs-Kabel lediglich nach ihrer Belastbarkeit abgegangen und sichert sie in erster Linie für den Kurzschlußfall ab. Den Schutz für die durch Stromabnehmer hervorgerufenen Belastungsstöße legt man in die Hausanschluß-Absicherung, während die thermische Überwachung der Netzkabel in den Stationen, den Stellen höchster Strombelastung vorgenommen wird. Die Übersicherung läßt sich dabei oft nicht vermeiden.

Ob der Anwendungsbereich der sicherungslosen Vermaschung nur so klein ist, wie ihn Herr Denzel angibt, läßt sich ohne genauere Kenntnis der Netzgestaltung anderer Städte nicht voraussagen. Da jedoch zu ihrer Anwendung nicht derart hohe Kurzschlußströme gehören, wie bisher angenommen wurde, wird sich der Anwendungsbereich erweitern lassen. Im allgemeinen genügen schon gewöhnliche Belastungsdichten von Mittel- und Großstädten, um das Ausbrennen zu ermöglichen. Die Auswahl der Sicherungsart muß aber ganz den einzelnen Städten und deren Erfordernissen überlassen bleiben.

Berlin, 14. 12. 1940 Gerhard Bach VDE

[1] H. Freiberger, Elektrizitätswirtsch. 29 (1930) S. 282.

BUCHBESPRECHUNGEN

DK 42(038) : 62

Das englische Fachwort und seine gemeinverständliche Darstellung im technischen Zusammenhang. Von H. G. Freeman. 2. Teil. Mit VI u. 205 S. im Format A 5. Buchverlag W. Girardet, Essen 1940. Preis geb. 5,80 RM.

Bei der Abfassung des vorliegenden neuartigen Wörterbuches ließ sich der Verfasser, wie schon bei der Besprechung des ersten Bandes angegeben[1], von dem Gedanken leiten, der deutschen exportierenden Industrie eine technisch richtige Werbung im englisch sprechenden Auslande zu ermöglichen sowie Irrtümer und Verwechslungen im gegenseitigen Schriftverkehr zu vermeiden. Zu diesem Zwecke führt er uns die einzelnen Fachbezeichnungen in ihrem gegenseitigen Zusammenhange vor und fügt in Klammern die entsprechenden englischen Fachausdrücke bei. Das Buch ist in dieser Art in eine Reihe von Fachgebieten eingeteilt, die überwiegend dem Maschinenbau und der mechanischen Technologie angehören. Eine besonders ausführliche Abhandlung bespricht z. B. das Schleifen, die verschiedenartigen Schleifmittel, ihre Gewinnung, Herstellung und ihre Anwendungsarten auf einem Raume von 11 Seiten. In einem anderen Abschnitt behandelt der Verfasser auf 11 Seiten das Gebiet der Elektromotoren und kommt damit einer Anregung nach, die bereits bei der Besprechung des ersten Bandes gegeben wurde. Es ist erwünscht, daß auch die übrigen Gebiete der Elektroindustrie in gleicher Weise berücksichtigt werden. Der Verfasser erweist sich in seinen Ausführungen als gleich guter Kenner der betreffenden Fachgebiete wie der deutschen und englischen Sprache. Er legt stets Wert auf Sauberkeit in der Ausdrucksweise und würzt den sprödesten Stoff durch einen ihm eigenen liebenswürdigen Humor. Das Werk ist mit je einem alphabetischen Sachregister von deutschen und englischen Fachwörtern versehen, die alle Stellen nach Seite und Zeile aufführen, in denen das betreffende Wort im Zusammenhange vorkommt. Der Leser tut gut daran, den betreffenden Absatz ganz durchzulesen. Die Darstellung des 2. Bandes ruht, wie der Verfasser im Vorwort selbst betont, „auf noch breiterer Grundlage als im 1. Bande, und das gleiche Fachwort taucht in all seinen Varianten, Schattierungen und begrifflichen Abwandlungen auf".

Wir können das Werk bestens empfehlen; auch der mit der englischen Sprache bereits näher vertraute Fachgenosse findet an vielen Stellen Klarheit über Feinheiten der Sprache, die er anderwärts vergeblich gesucht hat. Die Ausstattung des Buches ist mustergültig. Rein äußerlich sollten die beiden Bände im Einband besser miteinander übereinstimmen.

W. Estorff VDE

EINGÄNGE

(Ausführliche Besprechung vorbehalten)

Bücher

Bezugsquellenverzeichnis der deutschen Elektroindustrie. Nachtrag I zu Teil 5 Firmen-Register: Neuaufgenommene Mitglieder aus der Ostmark und dem Sudetenland. Stand 1. April 1940. Nachtrag II zu Teil 5 Firmen-Register: Neuaufgenommene Mitglieder aus der Ostmark und dem Sudetenland. Stand 1. Juli 1940. Herausgeg. von der Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie, Berlin 1940.

Doktordissertationen

Werner Grunert, Beiträge zur Messung von Spannungsoberwellen in Starkstromnetzen und zum Problem ihrer Unterdrückung. T. H. Darmstadt 1939[2].

[1] ETZ 59 (1938) S. 1251.
[2] Vgl. Hueter/Grunert, ETZ 61 (1940) S. 11.

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Dipl.-Ing. W. Nürnberg VDE, Berlin-Weißensee, Schönstr. 16
Ing. J. Saß VDE, Berlin-Charlottenburg, Schillerstr. 73
Dr.-Ing. H. Ziegler VDE, Selb i. B., Wilhelmstr. 17

Abschluß des Heftes: 21. März 1941

Wissenschaftliche Leitung: **Harald Müller VDE (z. Z. im Felde)**
G. H. Winkler VDE (z. Z. im Felde)
H. Hasse VDE und R. Henrichs VDE

Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.



Elektrotechnische Zeitschrift
(Zentralblatt für Elektrotechnik)
Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894
Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.
Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

62. Jahrgang | Berlin, 3. April 1941 | Heft 14

Neue Erkenntnisse über den Lichtbogenschutz von Freileitungsisolatoren

(Mitteilung einer Gemeinschaftsarbeit der Firmen BBC, Mannheim, Hescho, Hermsdorf, Rosenthal-Isolatoren G.m.b.H., Selb und Stemag, Holenbrunn)

Von Hans Ziegler VDE, Selb

(*Schluß von Seite 330*)

DK 621.315.622.8

2. Die Lichtbogenvorgänge an den verschiedenen Schutzarmaturen

Zur Klärung der für die Unterschiede in der Wirkungsweise von Ring- und Hornarmaturen maßgebenden Ursachen können aus den während der Versuche aufgenommenen Filmen über den Lichtbogenverlauf wertvolle Aufschlüsse gewonnen werden. Zunächst zeigen sämtliche Aufnahmen ganz allgemein, daß der Lichtbogen für die hier interessierenden Wirkungen in drei Teile unterteilt werden kann, die in ihrem Aussehen und ihrer Gefährlichkeit für den Isolator wesentlich verschieden sind. Der Lichtbogen, der zwischen beliebigen Armaturen oder den Isolatorkappen brennt, bildet, wie Bild 3a veranschaulicht, an seiner unteren Ansatzstelle einen Lichtbogenfußpunkt F_1 und einen davon ausgehenden, straff zusammengehaltenen und nahezu geradlinigen unteren Lichtbogenstiel S_1, der erst in einiger Entfernung vom Lichtbogenfußpunkt sich mehr und mehr zur breit auseinandergezogenen Lichtbogenfahne L auflöst, um sich schließlich in einiger Entfernung von einem oberen Lichtbogenfußpunkt F_2 wieder zu konzentrieren und als oberer Lichtbogenstiel S_2 in diesem Lichtbogenfußpunkt zu enden. Diese Aufteilung des Lichtbogens in zwei von den Lichtbogenfußpunkten ausgehende, konzentrierte und nahezu geradlinige Lichtbogenstiele und eine im mittleren Teil gelegene auseinandergezogene Lichtbogenfahne ist bei allen Lichtbogenversuchen bereits bei Stromstärken über etwa 50 A mehr oder weniger deutlich zu erkennen. Die Bilder 3 b und 3 c zeigen zwei Beispiele. Die Lichtbogenfußpunkte sowie die davon ausgehenden Lichtbogenstiele, die durch magnetische Kräfte auf engen Querschnitt zusammengedrängt sind[9]) und die größte Stromdichte besitzen, sind die heißesten und gefährlichsten Teile des Lichtbogens. Aus diesem Grunde sind Beschädigungen an Isolatoren am häufigsten an den diesen Fußpunkten und Stielen nahe liegenden Isolatorenden festzustellen, während Beschädigungen in der Mitte von Isolatoren in-

[9]) siehe Fußnote 12.

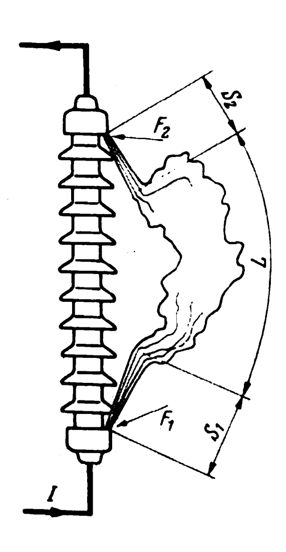
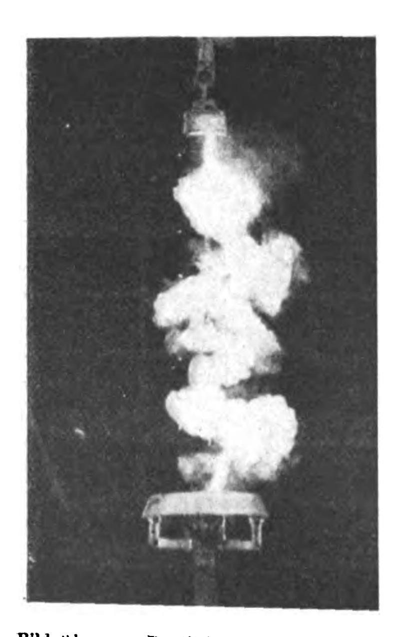


Bild 3a. Die verschiedenen Zonen des Lichtbogens.



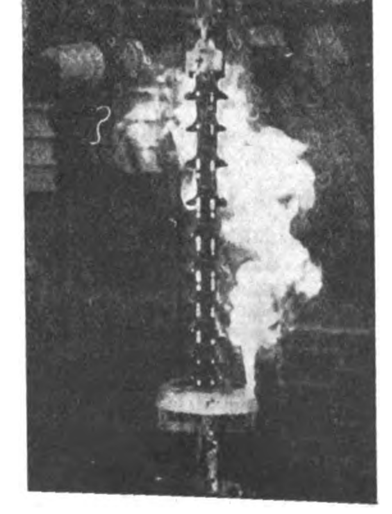


Bild 3 b u. c. Deutliche Ausbildung der Lichtbogenstiele an einer oberen Isolatorkappe und einem unteren konischen Ring (I = 1000 A).

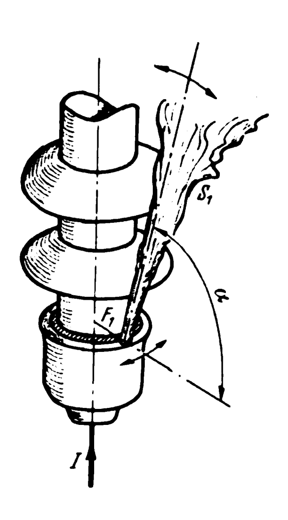


Bild 4a. Grundsätzlicher Verlauf des Lichtbogens an einer schutzarmaturlosen unteren Isolatorkappe.

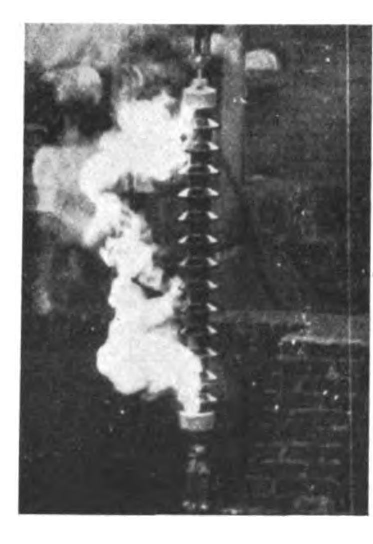


Bild 4b. Lichtbogenverlauf an einem schutzarmaturlosen Motor-Langstabisolator ($I = 1000$ A).

folge der geringen Gefährlichkeit der durch den thermischen Auftrieb auseinandergezogenen Lichtbogenfahne zu Seltenheiten zählen. Hierüber liegen auch entsprechende Versuchserfahrungen[10]) vor.

Wenn nun die Versuchsergebnisse zeigen, daß die unteren Teile der Isolatoren am häufigsten beschädigt werden, so ist das darauf zurückzuführen, daß sich der obere Lichtbogenfußpunkt häufig an der Traverse festsetzt und nur zeitweise an die obere Schutzarmatur oder Isolatorkappe zurückkehrt. Man kann also für die wirksame Brenndauer des Lichtbogens am oberen Teil des Isolators eine kürzere Zeit in Rechnung setzen als für den unteren Teil, bei dem der Lichtbogenfußpunkt keine ähnliche Möglichkeit zum Abwandern besitzt und an der unteren Schutzarmatur oder Isolatorkappe verbleiben muß. Aus diesem Unterschied in der tatsächlich auftretenden Einwirkungsdauer des unteren und des oberen Lichtbogenteiles auf den Isolator erklärt sich die größere Häufigkeit der Beschädigungen in den unteren Teilen der Isolatoren.

Zum Verständnis der Ursachen, die bei der behandelten Versuchsreihe zu den besprochenen Beschädigungen der Isolatoren geführt haben, ist es weiter erforderlich, den aus den Filmaufnahmen ersichtlichen grundsätzlichen Verlauf des Lichtbogens an den Armaturengrundformen der Isolatorkappe ohne Schutzarmatur, Ring- und Hornarmatur kennenzulernen.

Der an einem schutzarmaturlosen Motor-Langstabisolator in angegebener Weise an der Oberfläche gezündete Lichtbogen bildet, wie Bild 4a für den unteren Teil des Isolators zeigt, einen Lichtbogenfußpunkt F_1 an einer zunächst durch die Lage des Zünddrahtes gegebenen Stelle des Kappenrandes. Von diesem Lichtbogenfußpunkt F_1 aus quillt der nahezu geradlinige untere Lichtbogenstiel S_1, der dann in einiger Entfernung vom Fußpunkt in die auseinandergezogene Lichtbogenfahne übergeht. Im Laufe der Brenndauer des Lichtbogens führt einerseits der Lichtbogenfußpunkt unregelmäßige tanzende Bewegungen am Umfang des Kappenrandes aus, während anderseits der Lichtbogenstiel ebenso unregelmäßig seine Winkellage meist in einer durch die Isolatorachse gehenden Ebene verändert. Dabei nimmt der Lichtbogenstiel, wie in Bild 4a eingezeichnet und in Bild 4b ersichtlich ist, vorwiegend eine steil nach oben gerichtete Lage, jedoch auch zeitweise jede andere mögliche Winkellage ein.

Die Lage des Lichtbogenfußpunktes am Kappenrand in unmittelbarer Nähe des Langstabisolatorstrunkes und die bei der meist senkrechten Einstellung und zusätzlichen unregelmäßigen Drehbewegung des Lichtbogenstieles unvermeidliche Berührung der unteren Isolatorteile sind verantwortlich für die bei den Versuchen festgestellten Strunkbrüche und besonders erheblichen Schirmbeschädi-

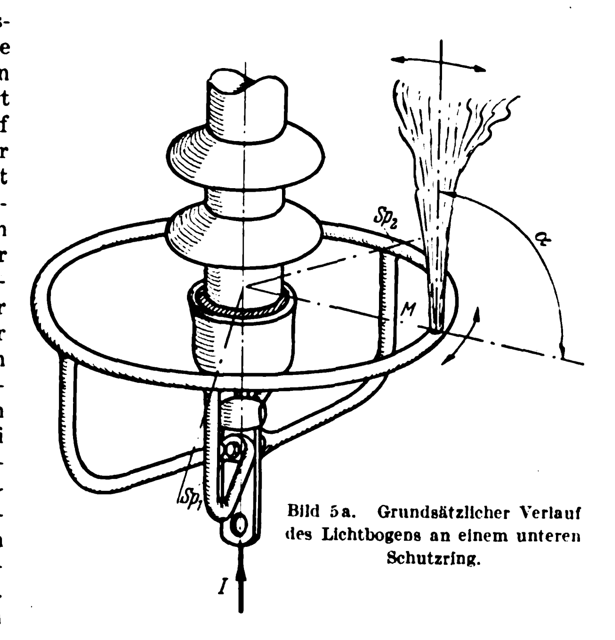


Bild 5a. Grundsätzlicher Verlauf des Lichtbogens an einem unteren Schutzring.



Bild 5b. Lichtbogenverlauf bei konischen Schutzringen ($I = 1000$ A). Der nahezu senkrecht nach oben gerichtete untere Lichtbogenstiel ist deutlich zu erkennen.

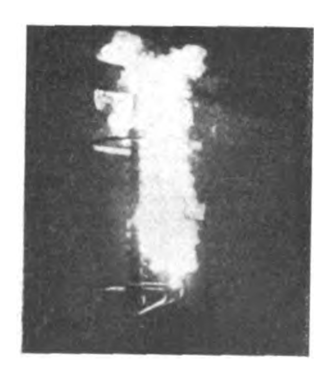


Bild 5c. Unterer Lichtbogenstiel annähernd senkrecht nach oben gerichtet.

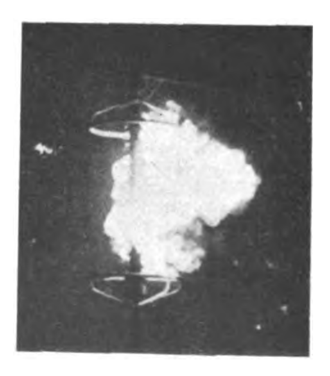


Bild 5d. Unterer Lichtbogenstiel dreht dem Isolator zu nach innen.



Bild 5e. Der Lichtbogen bläst das untere Drittel des Isolators an.



Bild 5c bis e. Lichtbogenablauf an Gasrohrringen (I = 880 bis 1430 A).

10) F. Obenaus, Hescho-Mitt. (1938) H. 78/79.



gungen in der Umgebung der unteren Isolatorkappe. Die Lichtbogenfahne anderseits treibt meist durch thermische und magnetische Wirkung so rasch von der Isolatoroberfläche fort, daß die Bindfäden zum Festhalten des Zünddrahtes fast regelmäßig unversehrt erhalten bleiben; sie bedeutet auch bei späterem gelegentlichem Zurückkehren an den Isolator keine zu Zerstörungen führende Gefahr.

An der oberen Kappe eines schutzarmaturlosen Langstabisolators spielen sich im Prinzip die gleichen Vorgänge nur mit dem Unterschied ab, daß der Lichtbogenfußpunkt meist nur zeitweise am Kappenrand verbleibt und sich im übrigen sowohl an den höhergelegenen Kappenteilen als auch insbesondere an der Traverse festsetzt. Der Lichtbogenstiel ist dabei meist steil nach unten gerichtet (Bild 4 b), kann jedoch auch andere Richtungen einnehmen. Grundsätzlich sind also die Beschädigungen an schutzarmaturlosen Motor-Langstabisolatoren auf die dem keramischen Isolierkörper nahe liegenden Lichtbogenfußpunkte und die Einwirkung der in ungünstiger Richtung verlaufenden Lichtbogenstiele zurückzuführen.

Bei Anwendung von Ringarmaturen, gleichgültig welcher Ausbildung (Gasrohr oder konische Fläche), ergeben sich für den Lichtbogenablauf folgende Verhältnisse: Der durch den Zünddraht zwischen den Isolatorkappen an der Isolatoroberfläche gezündete Lichtbogen treibt von der Isolatoroberfläche und den Kappen innerhalb 1 bis 3 Halbperioden an benachbarte Stellen der oberen und unteren Ringarmatur und bildet dort Lichtbogenfußpunkte. Wenn wir uns wieder auf die Betrachtung der Verhältnisse an der unteren Armatur beschränken, so zeigt sich meist, daß der untere Lichtbogenfußpunkt von einer zunächst beliebigen Ansatzstelle rasch nach einem Teil des Ringes wandert, der etwa die Mitte M des von den beiden nächstliegenden Ringbefestigungsspeichen Sp_1 und Sp_2 eingegrenzten sektorförmigen Ringabschnittes darstellt (siehe Bild 5 a). In diesem mittleren Gebiet des Ringsektors wandert nun einerseits der Lichtbogenfußpunkt in einem schmalen Bereich unregelmäßig hin und her, anderseits führt wiederum der vom Fußpunkt ausgehende Lichtbogenstiel unregelmäßige Drehbewegungen vorwiegend in einer Meridianebene aus und kann dabei gemäß den Versuchsaufnahmen, insbesondere bei Gasrohrringen, jeden beliebigen Winkel vorübergehend einnehmen. Hauptsächlich pendelt jedoch der Lichtbogenstiel um eine Mittellage, die durch den Winkel $\alpha = 90°$ gegeben ist. Für alle Lagen des Lichtbogenstieles, bei denen $\alpha > 90°$ ist, bestreicht dabei der Lichtbogenstiel den Isolator und kann dadurch unmittelbar oder durch Verursachen einer zeitweisen Rückkehr der Lichtbogenfußpunkte zur Isolatorkappe die festgestellten Beschädigungen hervorrufen. An der oberen Ringarmatur finden im Prinzip die gleichen Vorgänge statt.

Die Anwendung von Ringarmaturen hat also zwar den Vorteil, die gefährlichen Lichtbogenfußpunkte aus der nächsten Umgebung des Isolators zu entfernen, aber man beherrscht damit noch nicht die Wirkungsrichtung der nicht minder gefährlichen Lichtbogenstiele, die bei Ringarmaturen noch jede beliebige Lage einnehmen können. Die Bilder 5 b, c, d und e zeigen die grundsätzlichen Verhältnisse des Lichtbogenablaufes an Ringarmaturen.

Bei hornartigen oder stabförmigen Schutzarmaturen lassen die Filmaufnahmen folgenden interessanten Lichtbogenablauf erkennen: Der durch Zünddraht wiederum zwischen den Kappen des Isolators an der Oberfläche gezündete Lichtbogen geht genau so wie bei Ringarmaturen innerhalb weniger Halbperioden an den Hornknick des nächstliegenden Schutzhornes über (Bild 6 a). Von hier

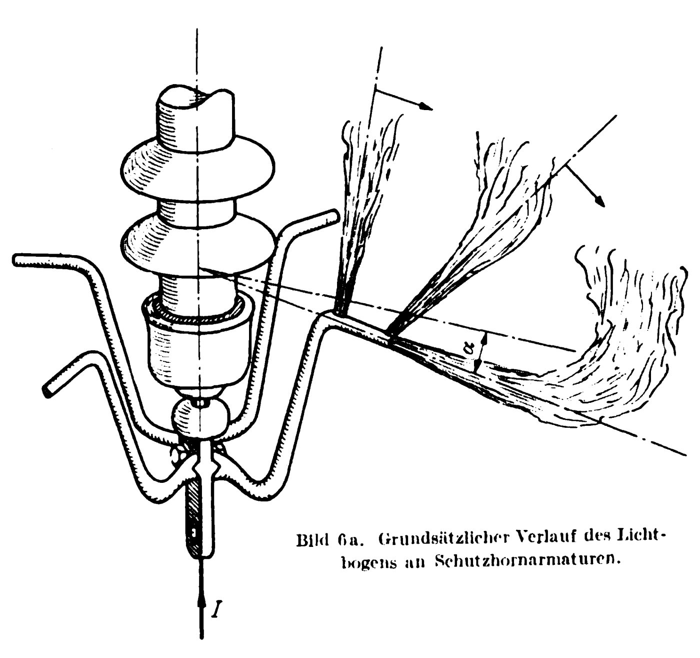


Bild 6 a. Grundsätzlicher Verlauf des Lichtbogens an Schutzhornarmaturen.

wandert der Lichtbogenfußpunkt und der sich bildende Lichtbogenstiel, der nahezu senkrecht auf der Achse des stabförmigen Hornendes steht, im Laufe von weiteren wenigen Halbperioden an das Hornende, und dort dreht sich der Lichtbogenstiel blitzschnell in Richtung der Achse des Hornendes, um in dieser Richtung stabil zu bleiben. Dieser Vorgang der Wanderung des Lichtbogens an das Hornende und das Umklappen in die Achsenrichtung des Hornendes ist bei allen Versuchen mit hornartigen oder stabförmigen Armaturen übereinstimmend festzustellen (Bild 6 b, c, d). Man kann sozusagen von einem „Herausschießen" des Lichtbogens aus dem Hornende sprechen. Der Lichtbogenstiel führt also hier keine unregelmäßigen Drehbewegungen wie bei Ringarmaturen aus, sondern ist durch die Raumlage des Hornes in seiner Richtung festgelegt. Das Schutzhorn ist eine Schutzarmatur mit ausgesprochener L i c h t b o g e n - R i c h t - w i r k u n g. Wie weitergehende Versuche zeigen, kann dabei die Richtung, in die der Lichtbogenstiel gelenkt wird, durch die Wahl des Winkels α zwischen der Hornachse und der Waagerechten (Bild 6 a) in weiten Grenzen beliebig festgelegt werden. Durch Lenken des gefährlichen Lichtbogenstieles in eine vom Isolator abgewendete

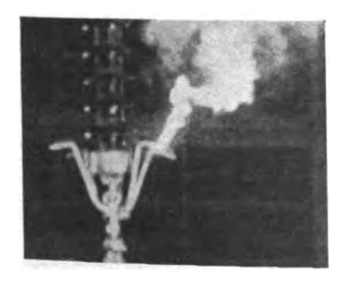
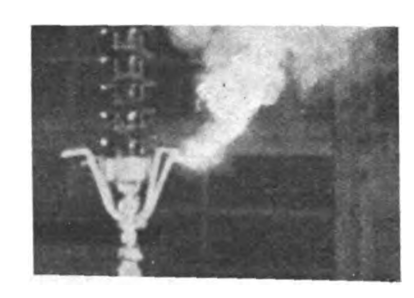
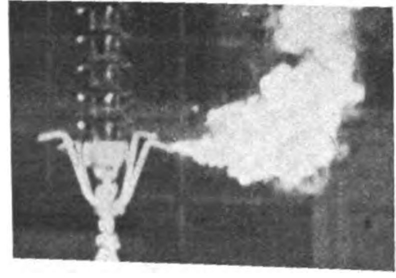




Bild 6 b bis d. Wanderung des Lichtbogenstieles vom Hornknick an das Hornende (I = 700 A).

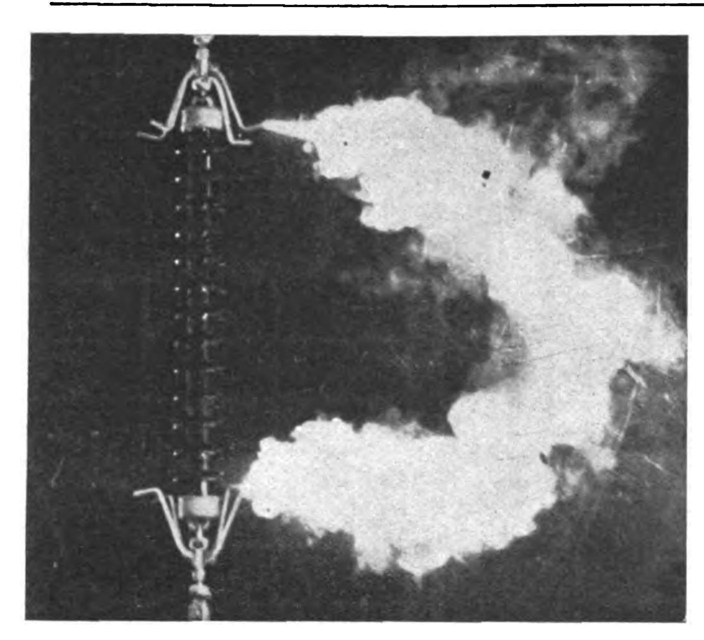


Bild 6e. Lichtbogenablauf an hornartigen Schutzarmaturen.

Richtung kann, wie die Versuche zeigten, ein Beschädigen der Isolatoren vollkommen vermieden werden.

An den oberen Schutzarmaturen spielen sich sinngemäß die gleichen Vorgänge ab. Der am Hornknick ansetzende Lichtbogen wird an das Hornende gelenkt, in dessen Achsenrichtung gedreht und treibt dadurch meist an die Traverse. Bei seiner Rückkehr an die obere Armatur oder auch an Teile der Kappen wird er sofort wieder von der Richtwirkung der Armaturen erfaßt und in gleicher Weise fortgeführt. Bild 6e zeigt den grundsätzlichen Lichtbogenverlauf an Hornarmaturen.

Auf Grund dieser an Kappe, Ring und Horn als den Armaturengrundformen gewonnenen Ergebnisse können die Ursachen für die Wirkungsweise der behandelten übrigen Armaturenkombinationen ohne weiteres erkannt werden. Die gelegentlich der Versuche aufgenommenen Oszillogramme bestätigen den aus den Filmen ersichtlichen Lichtbogenablauf durch entsprechenden Verlauf von Lichtbogenstrom, -spannung und -leistung.

3. Physikalische Ursachen für die Wirkungsunterschiede zwischen Ring- und Hornarmaturen

Die ermittelten Unterschiede in der Wirkungsweise ring- und hornartiger bzw. stabförmiger Schutzarmaturen legen es nahe, nach den grundsätzlichen Unterschieden in den physikalischen Verhältnissen beider Armaturenarten Umschau zu halten. Der Verlauf des Lichtbogens wird ganz allgemein von elektrostatischen, elektromagnetischen und thermischen Kräften beeinflußt, wenn von äußeren Einwirkungen, wie Wind und Regen, zunächst abgesehen wird. Elektrostatische Kräfte sind schon bei Stromstärken von einigen Ampère gegenüber den thermischen und elektromagnetischen Kräften vernachlässigbar klein, spielen also praktisch überhaupt keine Rolle. Da nun hinsichtlich der thermischen Verhältnisse zwischen Ring- und Hornarmaturen keine wesentlichen Unterschiede erkennbar sind, so bleibt nur die Möglichkeit, die verschiedenartige Schutzwirkung in grundlegenden Unterschieden der elektromagnetischen Verhältnisse zu suchen. Durch Untersuchung der elektromagnetischen Verhältnisse gelang es, die Lösung des Problems zu finden.

Nach den bekannten Gesetzen des elektromagnetischen Feldes[11]) lassen sich die am Lichtbogen auftretenden elektromagnetischen Kräfte unter Berücksichtigung der Schutzarmaturenform ermitteln. Derartige Berechnungen[12]) haben für die Verteilung der elektromagnetischen Kräfte p, die an einem zwischen Hornarmaturen bzw. Ringarmaturen brennenden Lichtbogen angreifen, die in Bild 7 und 8 dargestellten grundsätzlichen Ergebnisse erbracht.

Die in Bild 7 wiedergegebene Kräfteverteilung für hornartige und stabförmige Armaturen zeigt einen großen Anstieg der Kräfte in der Umgebung der Armaturen, also

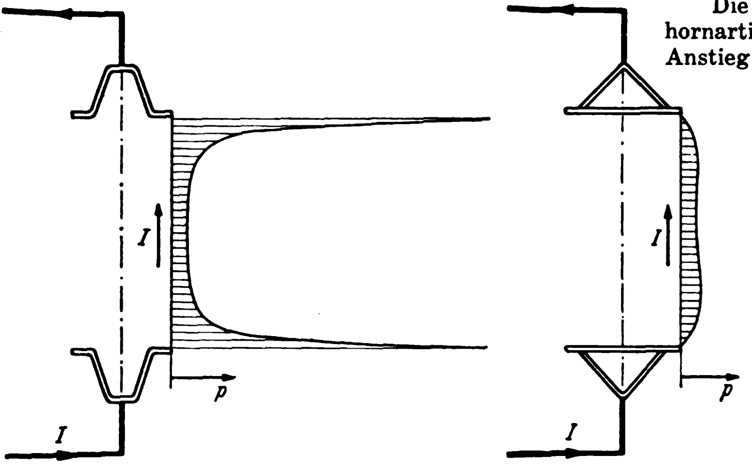


Bild 7. Verteilung der am Lichtbogen angreifenden elektromagnetischen Kräfte p bei Hornarmaturen. Der Lichtbogen ist idealisiert durch einen geraden Stromleiter ersetzt.

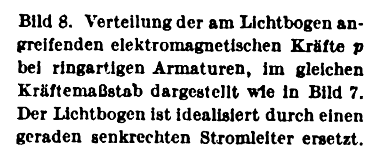


Bild 8. Verteilung der am Lichtbogen angreifenden elektromagnetischen Kräfte p bei ringartigen Armaturen, im gleichen Kräftemaßstab dargestellt wie in Bild 7. Der Lichtbogen ist idealisiert durch einen geraden senkrechten Stromleiter ersetzt.

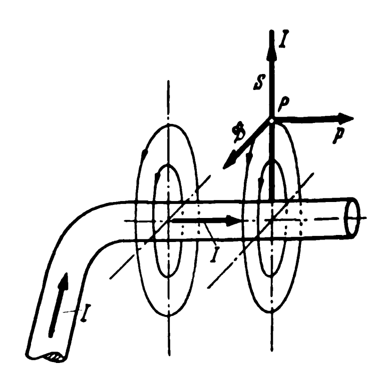


Bild 9. Elektromagnetische Verhältnisse an einer Hornarmatur.

Die Hornarmaturen, die in Form des Schutzhornkreuzes für den Motor-Langstabisolator zunächst ihre konstruktiv vorteilhafte Verwirklichung gefunden haben, verdanken also ihre günstige Schutzwirkung der bei jeder Schutzarmatur mehr oder weniger gewährleisteten Abwanderung der Lichtbogenfußpunkte von den Isolatorkappen, besonders aber der gleichzeitigen stabilen Steuerung der Lichtbogenstiele in Wirkungsrichtungen, die für den Isolator ungefährlich sind.

der Lichtbogenfußpunkte und Lichtbogenstiele. Unter dem Einfluß dieser Spitzenkräfte in der Umgebung einer

[11]) K. Küpfmüller, Einführung in die theoretische Elektrotechnik, 2. Auflage, Berlin 1939.

[12]) Ausführliche Ableitungen siehe H. Ziegler, Elektromagnetische Kräfte am Lichtbogen (wird demnächst veröffentlicht). Bei den Berechnungen wurden unter Anwendung des Biot-Savartschen Gesetzes zunächst die von den einzelnen Stromelementen des Lichtbogenstromkreises am Lichtbogen hervorgerufenen magnetischen Feldstärken bzw. Induktionen bestimmt und sodann die damit im Zusammenwirken mit dem Strom des Lichtbogens entstehenden mechanischen Kräfte ermittelt.

Hornarmatur werden der Lichtbogenfußpunkt und der Lichtbogenstiel an das Hornende getrieben und dort der Lichtbogenstiel in Verlängerung der Hornachse gedreht. Die Ursache für diese an Hornarmaturen schon früher beobachtete Erscheinung wurde bisher vorwiegend einer „Kraterwirkung" des Lichtbogens zugeschrieben[13]). Die in Bild 7 dargestellte Kräfteverteilung gilt in ihrer Gesamtheit nur für die in Richtung einer Vergrößerung der Stromschleife des gesamten Lichtbogenstromkreises liegenden Hornarmaturen. Die Spitzenkräfte in Richtung der Hornachse bleiben jedoch auch für jede beliebige andere Raumlage der Hornarmaturen erhalten, da sie von den Armaturen selbst erzeugt werden, so daß, wie Versuche bestätigen, an Hornarmaturen der Lichtbogen häufig auch entgegen der Richtung der Stromschleifenvergrößerung getrieben werden kann[12])[13]).

Die in Bild 8 wiedergegebene Kräfteverteilung für ringartige Armaturen, die im gleichen Maßstab wie in Bild 7 dargestellt ist, zeigt dagegen einen flachen Verlauf und sogar eine Abnahme der Kräfte gegen die Armaturen zu. Im Gegensatz zu Hornarmaturen werden bei Ringarmaturen also weder auf die Lichtbogenfußpunkte noch auf die Lichtbogenstiele erhebliche Kräfte ausgeübt, woraus sich das labile Verhalten der Lichtbogenstiele an den Ringarmaturen erklärt. Gerade die Lenkung der Lichtbogenfußpunkte und Lichtbogenstiele ist ausschlaggebend für den ganzen Verlauf des Lichtbogens; denn die auf die Lichtbogenfahne einwirkenden verhältnismäßig geringen Kräfte können bei der starken Auflösung dieses Lichtbogenteiles und den dort vorherrschenden thermischen Auftriebskräften eine führende Rolle nicht übernehmen. Die Tatsache, daß bei Hornarmaturen durch die Spitzenkräfte auf Lichtbogenfußpunkte und Lichtbogenstiele der Lichtbogen ohne Schwierigkeiten gegen die Richtung der Stromschleifenvergrößerung getrieben werden kann, beweist das deutlich. Die in Bild 8 dargestellte Kräfteverteilung gilt wieder in Richtung der Vergrößerung der Stromschleife des Lichtbogenstromkreises. Für jede andere Wirkungsrichtung liegen im Gegensatz zu Hornarmaturen die Verhältnisse noch wesentlich ungünstiger.

Die ermittelten wesentlichen Unterschiede in den bei Ring- und Hornarmaturen auftretenden elektromagnetischen Kräften sind physikalisch in den grundsätzlichen Unterschieden in der Stromzuführung zu den Lichtbogenfußpunkten begründet[14]). Bei hornartigen Armaturen erzeugt, wie Bild 9 zeigt, der in den Armaturen fließende Lichtbogenstrom I in der Umgebung des Hornendes magnetische Felder, die näherungsweise durch konzentrische, in Ebenen senkrecht zur Hornachse liegende Kreise dargestellt werden können. An einer beliebigen Stelle P des idealisiert durch einen geraden, senkrecht auf der Hornachse stehenden Leiter darstellbaren Lichtbogenstieles S ergibt sich daher eine senkrechte Lage zwischen der vom magnetischen Feld erzeugten Induktion $\mathfrak{B}$ und dem im Lichtbogenstiel fließenden Strom I. Nach den bekannten Regeln über die Kraftwirkung von magnetischen Feldern auf Ströme ist damit die Wirkungsrichtung der Kraft p in Richtung der Achse des Hornes nach dem offenen Hornende zu gerichtet. Die von den Hornarmaturen durch die Lichtbogenstromzuführung zum Lichtbogenfußpunkt hervorgerufenen elektromagnetischen Felder erzeugen also Kräfte, die den Lichtbogen an das Hornende und damit vom Isolator wegzutreiben bestrebt sind und, wie in Bild 7 dargestellt, in der Umgebung der Armaturen Höchstwerte annehmen.

Bei ringartigen Armaturen liegen die Verhältnisse wesentlich verwickelter. Der Lichtbogenstrom wird dem Lichtbogenfußpunkt, wie Bild 10 a zeigt, in zwei Anteilen I_1 und I_2 zugeführt, die entgegengesetzte Richtung be-

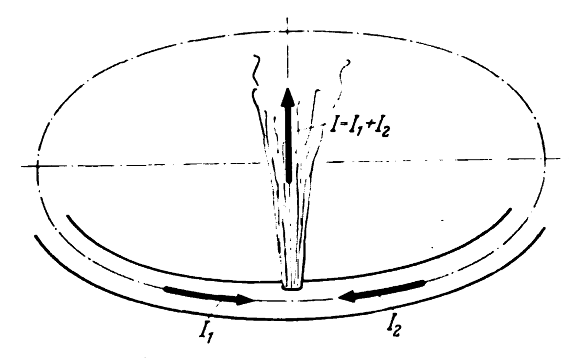


Bild 10 a. Zweiseitige Speisung des Lichtbogenfußpunktes.

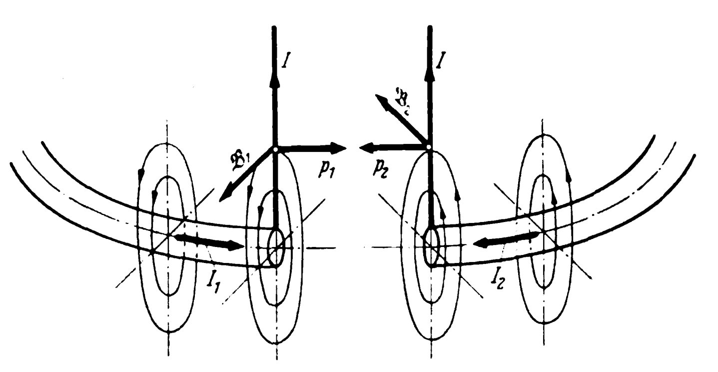


Bild 10 b. Kräfteverhältnisse in der Umgebung des Lichtbogenfußpunktes; Ring im Lichtbogenfußpunkt aufgeschnitten gedacht.

Bild 10 a und b. Elektromagnetische Verhältnisse an Ringarmaturen.

sitzen. Denkt man sich den Schutzring im Lichtbogenfußpunkt aufgeschnitten und betrachtet die durch die Stromkomponenten I_1 und I_2 auf den Lichtbogen mit dem Gesamtstrom I ausgeübten magnetischen Kraftwirkungen getrennt, so erhält man die in Bild 10 b dargestellten Verhältnisse. Entsprechend den Verhältnissen an Hornarmaturen treten dann für die linke Hornhälfte Kräfte p_1 auf, die den Lichtbogen in Verlängerung der aufgeschnittenen Ringhälfte nach rechts und für die rechte Ringhälfte in umgekehrter Richtung p_2 zu bewegen suchen. Wirksam bleibt beim wieder vereinigt gedachten Ring lediglich die Differenz zwischen den Kräften p_1 und p_2, die von der Differenz der Stromkomponenten I_1 und I_2 abhängig ist und den Lichtbogenfußpunkt einschließlich Lichtbogenstiel längs des Ringes in Richtung der überwiegenden Stromkomponente zu treiben sucht. Das Wandern des Lichtbogens in dieser Richtung verursacht aber eine Veränderung der gegenseitigen Größe der Stromkomponenten I_1 und I_2, die in ihrer Größe durch die Lage des Lichtbogenfußpunktes auf der Armatur und die damit gegebenen Widerstandsverhältnisse bestimmt sind. Die Veränderung geschieht im Sinne eines Angleichens der beiden Stromkomponenten bis zur vollkommenen Kompensation der entgegengesetzt gerichteten Kräfte p_1 und p_2. Dies ist die Ursache für die beobachtete und bereits besprochene Erscheinung, daß bei Ringen der Lichtbogenfußpunkt häufig nach der Mitte des von zwei Speichen eingeschlossenen Ringsegmentes wandert und in diesem Gebiet geringfügige Hin- und Herbewegungen ausführt. Bei vollkommener Symmetrie der Ringarmatur ist ja die Mitte eines Ringsegmentes der Ort symmetrischer ohmscher Widerstandsverhältnisse und damit gleicher Stromkomponenten I_1 und I_2. Unsymmetrie des Ringaufbaues oder ungleiche Übergangswiderstände an den einzelnen Teilen der Armatur können Verlagerungen der Kompensationsstelle hervorrufen.

Irgendwelche radial gerichteten und vom Isolator wegweisenden Kräfte werden bei Ringarmaturen durch die in der Umgebung der Lichtbogenfußpunkte liegenden

[13]) Harald Müller, siehe Fußnote 2.

[14]) Siehe auch F. Obenaus, Freiluftisolatoren. In: Fortschritte der Hochspannungstechnik, hrsg. von W. O. Schumann (erscheint demnächst).



Armaturenteile, die hierfür besonders wichtig sind und bei Hornarmaturen die in Bild 7 gezeigten Spitzenkräfte erzeugen, nicht hervorgerufen. Daher treten an Ringarmaturen die in Bild 8 bereits dargestellten Kräfteverhältnisse auf, wobei die noch vorhandenen geringen und nahezu gleichmäßig verteilten radialen Kräfte p auf die magnetische Wirkung weiter entfernter stromführender Teile des Lichtbogenstromkreises, etwa Traverse oder Leitung, zurückzuführen und nur in Richtung der Stromschleifenvergrößerung wirksam sind.

Der grundsätzliche Mangel der bisherigen ringartigen Armaturen ist also einerseits die durch die zweiseitige Stromspeisung entstehende Selbstkompensation der elektromagnetischen Kräfte und anderseits die durch unrichtige Raumlage der die Lichtbogenfußpunkte tragenden Armaturenteile gegebene tangentiale statt radiale Wirkungsrichtung der maßgebenden elektromagnetischen Kräfte.

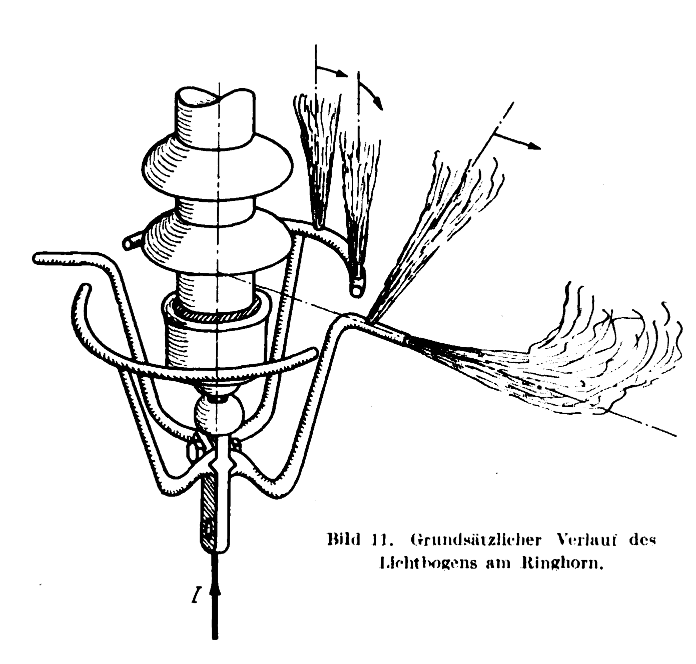


Bild 11. Grundsätzlicher Verlauf des Lichtbogens am Ringhorn.

Nachdem diese Mängel der bisher üblichen ringartigen Armaturen erkannt sind, ist es auch möglich, sie abzustellen. Eine von vielen möglichen Ausführungsformen neuartiger Ringarmaturen ohne die besagten Nachteile ist in Bild 11 dargestellt. Diese sogenannte Ringhorn-Armatur[15]) besteht aus zwei getrennten Ringhälften, die durch nur je eine Speiche mit dem Aufhängepunkt verbunden sind. Für jede beliebige Lage des Lichtbogenfußpunktes auf den Ringteilen ist daher einseitige Stromzuführung gewährleistet. Um weiterhin eine radiale Wirkungsrichtung der Schutzarmatur für das Abwandern des Lichtbogens vom Isolator zu erzielen, sind im Zwischenraum zwischen den Ringhälften normale Schutzhörner als Doppelhorn angeordnet. Der Ablauf des Lichtbogens von einer beliebigen Stelle des Ringes geschieht also, wie Bild 11 andeutet, in der Weise, daß der Lichtbogen zunächst durch tangentiale Kräfte getrieben am Ringteil bis an dessen offenes Ende herumwandert, dann auf das Horn übergeht und dort in bekannter Weise an das Hornende getrieben wird. Lichtbogenversuche, die mit derartigen Armaturen unter verschiedenen Bedingungen durchgeführt wurden, haben diese Wirkung der Ringhorn-Armaturen einwandfrei nachgewiesen und damit eine praktische Bestätigung der neu gewonnenen elektromagnetischen Gesetzmäßigkeiten an Lichtbogenschutzarmaturen erbracht.

Ob die abgeänderte Ringarmatur in Form des Ringhornes oder anderer konstruktiv vorteilhafterer Ausführungsformen die Schutzhornkreuze verdrängen wird, ist eine Frage, die heute noch nicht beantwortet werden kann. Die Ringhorn-Armatur hat dem Schutzhornkreuz gegenüber den Vorteil, durch die allseitige Umfassung des Isolators dem an der Oberfläche in ungünstigen Fällen entstehenden Lichtbogen noch mehr Möglichkeiten zu bieten, rasch an eine benachbarte Stelle der Armatur zu treiben.

4. Ergebnisse bei Versuchen mit geringeren Stromstärken

An den in Bild 2 dargestellten Schutzarmaturenanordnungen wurden auch Versuche mit Stromstärken im Bereich von 400 bis 700 A und von 0,5 bis 120 A durchgeführt. Diese haben naturgemäß mit abnehmender Größe des Lichtbogenstromes auch geringere Beschädigungsgrade der Isolatoren, jedoch im wesentlichen keine Änderung des prinzipiellen Lichtbogenablaufes bei den verschiedenen Schutzarmaturenarten ergeben. Die durch die magnetischen Kräfte des Lichtbogenstromes an Hornarmaturen erzeugten Richtkräfte nehmen zwar mit der Verringerung der Stromstärke ab, aber gleichzeitig erfordert der Lichtbogen mit verminderter Stromstärke zu seiner Lenkung auch geringere Richtkräfte, da die ebenfalls abnehmenden thermischen Auftriebskräfte des Lichtbogens, die die magnetische Lenkung behindern, etwa in gleichem Maße wie die magnetischen Kräfte dem Quadrat des Stromes proportional sind. Erst bei Stromstärken unter 60 A konnte ein offensichtliches Nachlassen der Richtkräfte und eine nicht mehr völlig zuverlässige Abwanderung des Lichtbogenstieles vom Hornknick an das Hornende beobachtet werden. Praktisch ist diese Erscheinung bedeutungslos, da Lichtbogenstromstärken von unter 60 A im allgemeinen nicht zu stehenden Lichtbögen führen können und da, falls in Einzelfällen doch stehende Lichtbögen entstehen, die Hornkreuz- oder Ringhorn-Armatur auch ohne ausgesprochene Richtwirkung für so leistungsschwache Lichtbögen völlig ausreichenden Schutz gewährt. Im Bereich der Lichtbogenstromstärken unter 60 A gleichen sich also die Eigenschaften von Hornarmaturen durch das Zurückgehen der Richtkräfte an die der Ringarmaturen an, die ihr labiles Verhalten im ganzen untersuchten Strombereich nicht merklich ändern.

Hornartige Schutzarmaturen in Form der Schutzhornkreuze, Ringhörner und ähnlicher Bauformen mit ausgesprochener elektromagnetischer Richtwirkung sind also gemäß den Versuchen in der Lage, im gesamten praktisch vorkommenden Stromstärkenbereich eine günstige Schutzwirkung zu ergeben; sie haben dabei den unschätzbaren Vorteil, ihre Richtwirkung mit der Größe der Lichtbogenstromstärke zu verstärken und somit selbsttätig der größeren Gefahr auch eine gesteigerte Schutzwirkung entgegenzusetzen.

Die in letzter Zeit erneut in Form von Trichtern vorgeschlagenen konischen Ringarmaturen[16]) haben, wie schon mitgeteilt[17]), in umfangreichen Ergänzungsversuchen keine wesentlich anderen Wirkungen als die gemäß Bild 2c bereits untersuchten konischen Ringarmaturen ergeben und lassen sich trotz ihrer etwas anders gearteten thermischen Verhältnisse unter die ringartigen Armaturen einreihen.

5. Einflüsse von Wind und Regen, Abspannlage und Leitungsnähe

Versuche, die bei Vorhandensein von Wind durchgeführt wurden, zeigten, daß schon Luftströmungen geringer waagerechter Geschwindigkeit einen erheblichen Einfluß auf den Lichtbogenablauf ausüben können. Die Windwirkung macht sich in zusätzlichen Kräften am Lichtbogen bemerkbar, die ihn mit dem Wind fortzutragen bestrebt sind. Bei armaturenlosen Motor-Langstabisolatoren und bei Anwendung von Schutzringarmaturen kann dadurch der Lichtbogenablauf in Einzelfällen so verbessert

---

[15]) Vorgeschlagen von A. Schumann †, Mannheim.

[16]) H. Hochhäusler, ETZ 61 (1940) S. 891.
[17]) H. Ziegler, ETZ 62 (1941) H. 5, S. 107.



werden, daß unter Umständen selbst bei hohen Stromstärken Isolatorenbeschädigungen vermieden werden. Bei hornartigen Armaturen tritt eine wesentliche Änderung des Lichtbogenablaufes nicht ein. Der Lichtbogen treibt rasch an die im Windschatten liegenden Hornarmaturen, sofern er nicht von vornherein dort zündet, und erfährt dort neben den magnetischen Richtkräften noch zusätzliche, in gleicher Richtung wirkende Windkräfte.

In ähnlicher Weise macht sich auch der Einfluß des Regens geltend, der in allen Fällen Luftströmungen mit waagerechten und senkrecht nach unten gerichteten Komponenten hervorruft. Während die waagerechten Komponenten die schon vorher besprochene günstige Wirkung besitzen, wirken die senkrechten dem thermischen Auftrieb entgegen, so daß der Lichtbogen bei starkem Regen insbesondere in seiner Ausdehnung nach oben eingeschränkt wird und selten von der oberen Schutzarmatur nach der Traverse wandert. Nennenswerte grundsätzliche Änderungen der für trockene Verhältnisse ermittelten Ergebnisse sind jedoch nicht festzustellen gewesen. Irgendeine Beeinflussung der Wirkung der Schutzarmatur durch die Benetzung der Isolatoroberfläche wurde im Bereich praktisch wichtiger Stromstärken über 50 A weder bei sauberen noch bei verschmutzten Isolatoren beobachtet.

Die bisher behandelten Untersuchungen beziehen sich sämtlich auf Isolatoren in Hängelage. Für Isolatoren in der nahezu waagerechten Abspannlage liegen die Bedingungen für den Schutz der Isolatoren nicht wesentlich anders. Hier sorgt im allgemeinen die thermische Auftriebwirkung des Lichtbogens dafür, daß der Lichtbogen vom Isolator weg nach oben getrieben wird, doch ist genau so wie in der Hängelage die Lenkung der gefährlichen Lichtbogenstiele in ungefährliche Richtungen erforderlich.

Bei der Anordnung der Schutzarmaturen ist zu beachten, daß durch den Lichtbogen weder Teile der Leitung berührt werden können noch etwa von den Armaturen abtropfendes flüssiges Metall an die Leitung gelangen kann. Zum völligen Vermeiden des Abbrandes der Hornarmaturen wurden neuerdings Vorschläge gemacht[18]), die sich bei Versuchen gut bewährt haben; sie beruhen ebenfalls auf der Wirkung elektromagnetischer Kräfte und versetzen den Lichtbogenfußpunkt in drehende Bewegung an einer am Hornende vorgesehenen Lauffläche.

Zusammenfassung

Lichtbogenversuche an Motor-Langstabisolatoren mit verschiedenen üblichen Schutzarmaturenarten, die im ganzen Bereich praktisch interessierender Lichtbogenstromstärken unter verschiedenen Betriebsbedingungen durchgeführt wurden, ergaben, daß die bisher üblichen ringartigen Schutzarmaturen keinen zuverlässigen Schutz, geeignet angeordnete Hornarmaturen dagegen einwandfreien Schutz gewährleisten.

Diese grundsätzlichen Wirkungsunterschiede lassen sich durch wesentliche Unterschiede in den elektromagnetischen Verhältnissen der beiden Schutzarmaturengrundformen erklären. Die dabei gewonnenen neuen Erkenntnisse über den Einfluß der Armaturenform auf die Elektrodynamik des Lichtbogens ermöglichen es, neuartige Armaturen zu entwerfen, die, wie die Versuche bestätigen, vorausbestimmbare günstige Wirkungen ergeben. Die Ergebnisse sind grundsätzlicher Art und auch auf Schutzarmaturen für andere Isolatorenarten, beispielsweise Isolatorenketten, übertragbar. Dabei ist lediglich zu berücksichtigen, daß bei Isolatorenketten im Gegensatz zum Motor-Langstabisolator durch das Vorhandensein von metallischen Zwischenarmaturen die Möglichkeit der Bildung von Kaskadenlichtbögen besteht, für die es bisher einen sicheren Schutz nicht gibt. Der Motor-Langstabisolator, der ohne Lichtbogenschutzarmaturen von allen Isolatorenarten am meisten den Lichtbogengefährdungen ausgesetzt ist, stellt also anderseits in Verbindung mit geeigneten Schutzarmaturen den lichtbogensichersten Freileitungsisolator dar.

[18]) H. Boeke, Hescho-Mitt. (1940) H. 81.

Einführung zu den Änderungen an VDE 0115 „Vorschriften nebst Ausführungsregeln für elektrische Bahnen"

Von H. Nibler VDE, München

DK 621.33

Auf Seite 354 dieses Heftes sind einige Änderungen und Erweiterungen zu den Bahnvorschriften VDE 0115 veröffentlicht. Einige dieser Änderungen sind vorwiegend redaktioneller Art und bedingt durch die inzwischen erfolgte Neubearbeitung anderer VDE-Vorschriften (beispielsweise VDE 0141). Im folgenden werden zu den wichtigsten Änderungen und Ergänzungen die Begründungen gegeben.

1. Zu VDE 0115/XII. 40, § 23 c)

Wenn Fahrleitungen in Unterführungen verlaufen, dann sind an den überkreuzenden Bauwerken Schutzeinrichtungen nach VDE 0115/XII. 40, § 23 c), 4. Absatz, vorzusehen. Die genannte Bestimmung wurde umgeändert und erweitert mit dem Ziele, klare Bedingungen zu schaffen, die mit dem Schutz erreicht werden sollen, anderseits eine gewisse Freiheit in der Ausführung zuzulassen. Bei der Deutschen Reichsbahn haben sich verschiedene Bauarten von Schutzwänden eingebürgert und bewährt, die zwecks Erläuterung der neuen Bestimmungen nachstehend beschrieben werden sollen.

Die Schutzwände werden in lotrechter oder in schwach geneigter Lage ausgeführt. Die letztere Lage hat den Vorteil, die Sicht von der Brücke nicht zu behindern, auch

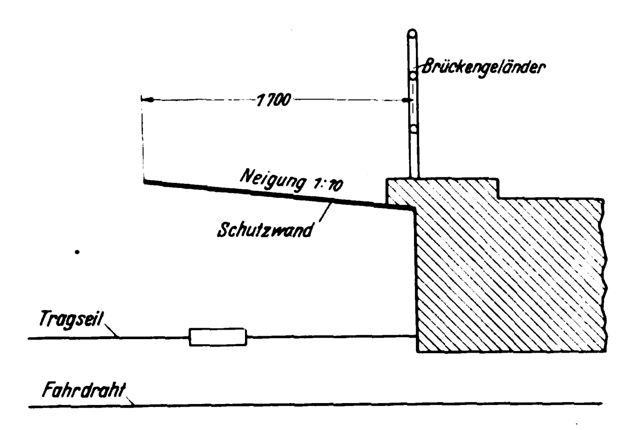


Bild 1. Schutzwand in lotrechter Ausführung.

wird bei ihr im allgemeinen weniger der Gesamteindruck des Bauwerkes von außen gestört.

Die lotrechte Ausführung (Bild 1) besteht aus einer unteren, etwa 1 m hohen lückenlosen Wand, an die nach oben ein Gitter (nicht über 2 cm Maschenweite) anschließt, das entweder senkrecht mit einer Höhe von 0,8 m oder nach außen geneigt mit einer Ausladung von 1 m auf der Wand befestigt ist. Im unteren Teil wird absichtlich die nicht durchbrochene Blechwand gewählt, damit das Durchstecken z. B. von Ruten und das Durchspritzen von Wasser (Harn), was tatsächlich schon mehrfach vorgekommen ist, verhindert wird. Für den oberen Teil ist das weniger bedenklich wegen der größeren Entfernung zu den Leitungen und weil dieser Teil schon zu hoch (außer Handbereich von Kindern!) liegt. Deshalb wird hier das die Sicht weniger behindernde Gitter genügen. Die ganze Schutzwand wird — meist außerhalb des Geländers — so an der Brücke befestigt, daß zwischen Wand und Brücke keine Fugen bleiben. Die Wand muß sich seitlich wenigstens 2,5 m über die Gleismitte (Fahrdraht) hinaus erstrecken. Wenn jemand mit einem Stock (0,9 m) im ausgestreckten Arm (0,8 m) an der Seite der Schutzwand herumgreift, um die Leitungen oder die Stromabnehmer der Fahrzeuge zu erreichen, so darf dies nur bis auf eine Annäherung von 0,3 m möglich sein. Daraus entstand das runde Maß 2,5 m. Für die seitliche Ausdehnung ist aber auch das Hantieren mit Schnur und Draht (Bandmaß) maßgebend. Wenn diese seitlich der Schutzwand von der Brücke hinabhängen, sollen sie nicht in Berührung mit Spannung führenden Teilen kommen, falls sie durch Wind abgeweht werden. Dabei wurde ein Abtriebswinkel von 35° angenommen. Natürlich würde mit dieser Vorschrift die Wand um so ausgedehnter werden, je tiefer unterhalb der Brücke die Leitungen verlaufen. Im allgemeinen braucht man aber die Wände nicht mehr als etwa 9 m seitlich über Spannung führende Teile hinausgehen zu lassen; die Entscheidung erfolgt in jedem Einzelfall, wenn nötig, nach Ortsbesichtigung. Man muß immer überlegen, ob die Berührung der Leitungen noch möglich ist, wenn nur der Zufall eine Rolle spielt, oder ob bereits eine Absicht notwendig ist, um die zum Erfolg führenden Hantierungen vorzunehmen. Das letztere ist auch anzunehmen, wenn jemand eine Schnur oder einen Draht über die Schutzwand wirft. Man könnte die Wand nicht hoch genug machen, um das zu verhindern. Es ist ja anzunehmen, daß hierbei nicht immer Lebensgefahr besteht, wenn die Schutzwand aus einem Leiter besteht und gut geerdet ist. Es wird deshalb auch empfohlen, sämtliche Wände aus Metall herzustellen oder wenigstens mit metallenem Rahmen zu versehen und durch Verbinden mit der Brücke gut zu erden. Die Verbindung zwischen Hantierendem und Leitung liegt damit auch an Erde.

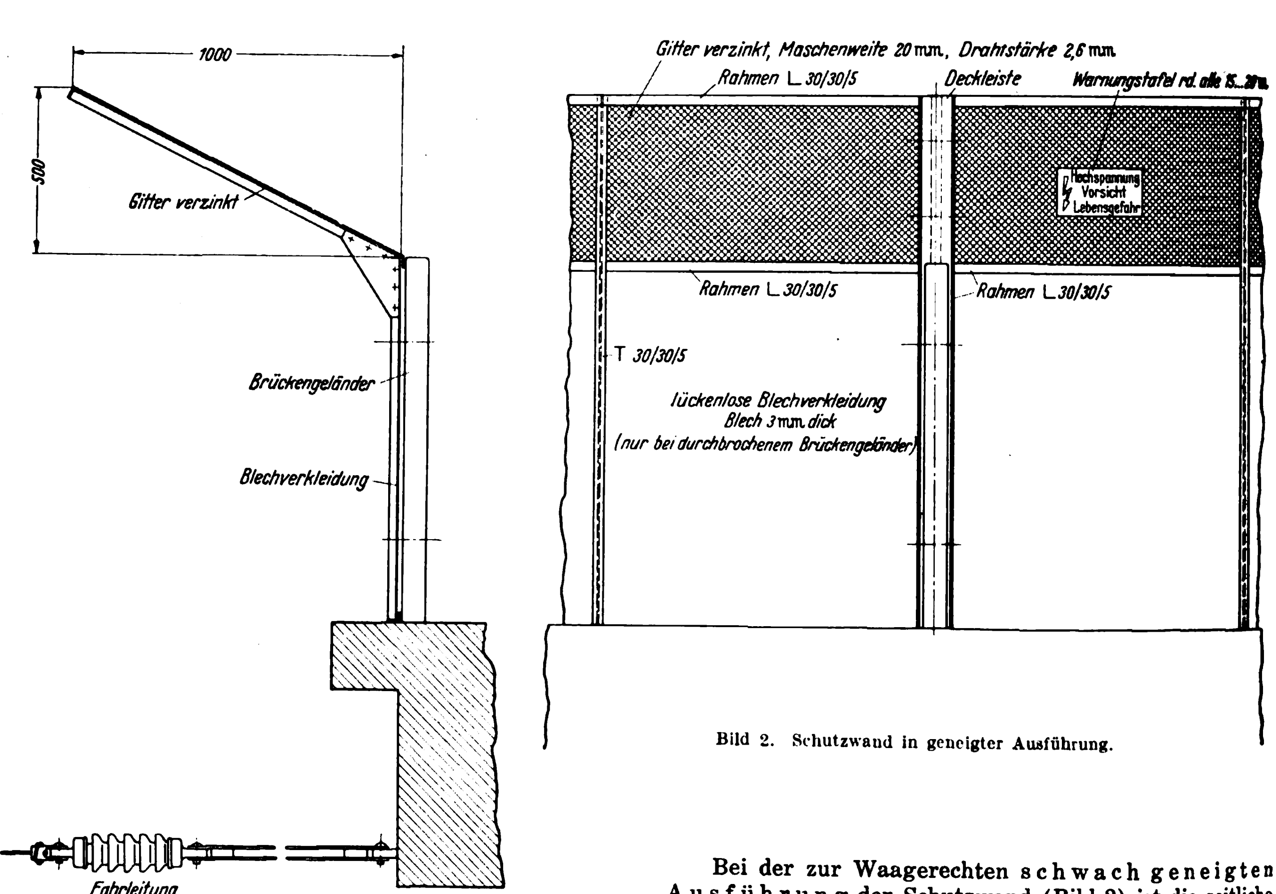


Bild 2. Schutzwand in geneigter Ausführung.

Bei der zur Waagerechten schwach geneigten Ausführung der Schutzwand (Bild 2) ist die seitliche Ausdehnung in Richtung des Brückengeländers die gleiche wie bei der lotrechten Ausführung. Die Ausladung der Wand beträgt 1,7 m. Ihre Neigung soll so sein, daß Wasser abläuft (natürlich nicht auf die Leitungen, Isolatoren und deren Befestigungsteile) und nicht der Eindruck entsteht, es handle sich um eine begehbare Fläche. Als Baustoff kann Vollblech, unbrennbarer Kunststoff (z. B. Eternit) oder engmaschiges Gitter verwendet werden. Das letztere ist hier unbedenklich, wenn das Brückengeländer die Annäherung an die Schutzwand verwehrt. Die Schutzwand muß ohne Zwischenraum an die Brücke anschließen. Sie soll nicht tiefer als 0,5 bis 0,6 m unterhalb der Gehbahn angebracht sein.

Bei Bauwerken mit nicht dichtem Belag (z. B. Fußgängerstegen) werden Fahrdrahtabdachungen über den Fahrleitungen nötig. Diese sollen etwa 2,8 m breit und so lang sein, daß sie 1,5 m beiderseits der Brücke überstehen. Sind solche Abdachungen vorzusehen, dann können natürlich die sonstigen Schutzwände einfacher sein, man kann dann Drahtgitter wählen, wo sonst Vollwandschutz zu nehmen ist. Das muß der Entscheidung im einzelnen Falle überlassen bleiben. Maßgebend bleibt bei der Ausführung stets, daß die Sicherheit von Personen und Anlagen gewährleistet ist.

Auf Schutzwände kann nach den neuen Vorschriften verzichtet werden:

1. Bei Brücken, die nur von bahneigenem Aufsichtspersonal betreten werden, ist an Signalbrücken, Überkreuzungsbauwerke u. a. gedacht. Wohlgemerkt soll aber keine grundsätzlich anzuwendende Ausnahmebestimmung gegeben werden. Die Aufsichtsbehörde wird vielmehr den verantwortlichen Dienststellen zur Pflicht machen, im Einzelfalle zu prüfen, ob nicht doch eine, wenn auch einfachere, Schutzvorrichtung anzubringen ist.
2. Bei Brücken, wenn die Fahrleitungen mehr als 10 m unterhalb der Geh- und Fahrbahn liegen. Es ist anzunehmen, daß Hilfsmittel von mehr als 10 m Länge schon zu den nicht mehr alltäglichen gehören, ihre Anwendung also mit besonderer Absicht geschieht. Auch Wasserstrahlen von dieser Länge sind kaum mehr zusammenhängend und sind daher unschädlich.
3. Wenn durch die Art der Brückenkonstruktion die oben angeführten Bedingungen bereits erfüllt sind. Es muß dem Urteil in jedem einzelnen Falle überlassen werden, ob dies zutrifft, wenn z. B. schon seitliche Blechverkleidungen vorhanden sind, oder wenn außerhalb des Geländers eine genügend breite Überdachung der Fahrleitung schon vorhanden ist.

Zum Schluß sei noch darauf hingewiesen, daß in Zweifelsfällen — soweit es sich um Reichsbahnanlagen handelt — auch das Reichsbahn-Zentralamt München zu Rate gezogen werden kann.

2. Zu VDE 0115/XII. 40, § 24 B. c), d), e)

Schwere Unfälle lassen Vorkehrungen notwendig erscheinen, die an Kreuzungen von Straßenbahnen mit Bahnanlagen mit Sicherheit auch bei Störungen die Ausbreitung von Strömen der Straßenbahnversorgung in den geerdeten Anlagen der Vollbahn unter allen Umständen verhindern.

Der Übertritt solcher Ströme ist immer dann möglich, wenn auf irgendwelche Weise Berührungen oder Überbrückungen zwischen Straßenbahnfahrleitungsteilen und Anlageteilen des Bahnkörpers (Brücken- bzw. Unterführungseisenteile) denkbar sind.

Das Naheliegende ist, schon diese Gefahr zu beseitigen und dort, wo irgend angängig, die Möglichkeit des Stromübertrittes nach menschlichem Ermessen auszuschalten, wie es durch ausreichende Schutzverschalung möglich ist.

Dort, wo aus äußeren Gründen keine Schutzverschalung vorgesehen werden kann bzw. trotz ihres Vorhandenseins bei Störungen der unzulässige Stromübertritt nicht ausgeschlossen erscheint (z. B. bei Queraufhängung, die über die Schutzverschalung hinausgeht), muß wenigstens dafür gesorgt werden, daß etwa übertretende Ströme sich nicht auf größeren Bereichen ausbreiten können, und daß sie in kürzester Zeit abgeschaltet werden. In solchen Fällen müssen die betroffenen Vollbahnanlageteile mit der Straßenbahnfahrschiene kurz verbunden werden, um einmal den Störstrom auf kürzestem Wege dieser zuzuführen, und um überdies dem Störstrom einen Weg kleinstmöglichen Widerstandes zu bahnen, damit er so hohe Werte annehmen kann, daß er in kürzester Zeit durch die vorhandenen Überstromschalter aufgetrennt wird.

Diese Verbindung darf aber erst dann zustande kommen, wenn sie wirklich aus dem genannten Grunde benötigt wird, da sie dem betriebsmäßigen Schienenrückstrom (Gleichstrom) einen Weg ins Erdreich eröffnet und somit als Dauerverbindung Anlaß zu umfangreichen Korrosionen werden kann. Es ist also ein Schaltorgan einzufügen, das die erwünschte Verbindung erst für den Notfall schließt. Für den vorliegenden Zweck sind von ihm zu fordern:

1. Wenn die Vollbahnanlageteile durch Berührung mit der Straßenbahn-Stromversorgungsanlage Spannung bekommen, diese in kürzester Zeit mit der Schiene zu verbinden.
2. Das Schaltorgan muß den vollen Kurzschlußstrom der Straßenbahnanlage so lange aushalten können, bis dieser von deren Überstromschalter aufgetrennt ist.

Derartige Schaltorgane sind unter dem Namen „Spannungssicherung" bekannt und im Handel. Sie bestehen aus einer einfachen Platten-Luftfunkenstrecke, an der, wenn die Spannung zwischen ihren Elektroden über ihre Zündspannung steigt, über einen Lichtbogen eine Verbindung kleinsten Widerstandes zwischen den betreffenden Anlageteilen eingeleitet wird.

Nach obigen Ausführungen steht als Spannung, die die Sicherung zum Ansprechen bringt, nur die Betriebsspannung der Straßenbahnanlage zur Verfügung. Das bedeutet, daß die „Ansprechspannung" der zu verwendenden Spannungssicherung um einen gewissen Sicherheitsbetrag (etwa 25 %) unter der niedrigst denkbaren Fahrleitungsspannung der Straßenbahn liegen muß.

Bei neueren Ausführungen dieser Sicherungen liegt deren Ansprechspannung[1]) bei rd. 200 bis 300 V und dürfte damit für den vorliegenden Fall für alle vorkommenden Straßenbahnbetriebsspannungen ausreichend sein.

Auch die Stromfestigkeit ist bis zu 30 kA über rd. 250 ms Stromdauer nachgewiesen[1]) und dürfte damit für alle Straßenbahnleistungen genügen.

Bei den zur Zeit entwickelten Spannungssicherungen muß noch in Kauf genommen werden, daß das Sicherungselement (d. h. die Plattenfunkenstrecke) nach ihrer Beaufschlagung die einmal eingeleitete Verbindung aufrecht erhält.

Um Korrosionsschäden vorzubeugen, ist daher dieses Sicherungselement nach jeder bekannten Beanspruchung auszuwechseln und darüber hinaus hin und wieder zu überprüfen, ob es infolge von sonst unbekannt gebliebenen Gründen angesprochen und Dauerverbindung eingeleitet hat.

Über die Zeitspanne zwischen zwei solchen Überprüfungen, die im allgemeinen größer als 14 Tage sein kann, wird am besten die betriebliche Erfahrung nach den örtlichen Bedingungen für die Häufigkeit des Ansprechens der Sicherung entscheiden.

Diese Überlegungen und deren Folgerungen gelten nur für solche Straßenbahnen, die als Rückleitung die Schiene benutzen, nicht aber für Obusanlagen mit erdfreien Strom-Hin- und -Rückleitungen.

Bei diesen hätte einmal die Benutzung von Spannungssicherungen zwischen deren „Rückleitung" und geerdeten Vollbahnanlageteilen zur Folge, daß sie sehr oft ansprechen würden, da das Potential der Rückleitung gegen Erde im allgemeinen nicht festgelegt ist, daher infolge von Zufälligkeiten im hohen Maße um die halbe Betriebsspannung schwanken kann und damit die Ansprechspannung der Sicherung sehr häufig überschritten wird.

Zum anderen ist bei diesen Anlagen ein nennenswerter Stromübertritt aus deren Fahrdraht in Vollbahnanlageteile auch bei direkter Berührung mit ihnen nicht zu erwarten, so daß es hier als zulässig erscheint, die gefährdeten Vollbahnanlageteile durch eine gute Erdung (Plattenerder oder ähnliches) zu schützen.

[1]) S. a. Elektr. Bahnen 16 (1940) S. 138.



Vorschriften nebst Ausführungsregeln für elektrische Bahnen

DK 621.33(083.133.3)

VDE 0115 b/XII. 40

3. Änderung der ab 1. Januar 1932 gültigen Fassung

Gültig ab 15. April 1941[1]).

§ 2

(Begriffserklärungen)

f) Erden heißt, eine leitende Verbindung zwischen einem Anlageteil und einem Erder bzw. der Schienen- oder Fahrzeugerde herstellen.

Als Erde im Sinne dieser Vorschriften gelten, soweit nicht ausdrücklich anderes bemerkt ist, die Fahrschienen, und zwar auch dann, wenn sie als Stromrückleitung benutzt werden und dabei gegenüber dem umgebenden Erdreich eine gewisse Spannung annehmen können. Diese Erde heißt Schienenerde.

Als Erde bei Fahrzeugen gelten auch die den Körper des Fahrzeuges bildenden, zusammenhängenden leitenden Bauteile (besonders die den Fußboden tragenden zusammenhängenden Rahmen oder Gestelle). Diese Erde heißt Fahrzeugerde [siehe § 4a)].

Erdleitung ist eine Verbindungsleitung zu einem Erder bzw. zur Schienen- oder Fahrzeugerde.

Erdsammelleitung ist eine Zuleitung zum Erder bzw. zur Schienen- oder Fahrzeugerde, an der mehrere Erdleitungen angeschlossen sind.

In Fahrzeugen für Bahnen mit Schienenrückleitung ist zwischen Erdleitung für Betriebsströme und Erdleitung für Schutzerdung zu unterscheiden.

Schutzleitung ist der Sammelbegriff für die leitende Verbindung zwischen den zu schützenden Anlageteilen und dem Erder bzw. der Schienen- oder Fahrzeugerde.

§ 12

Allgemeines

g) Der bisherige Wortlaut wird ergänzt durch: [siehe auch § 22 i)].

h) Die Klammer muß lauten: [siehe auch § 22 g)].

§ 18

Fassungen und Lampen

d) Im letzten Satz wird „Edison-Lampensockel 14" durch „Lampensockel E 14" ersetzt.

§ 19

Ortsfeste Beleuchtungskörper

In Regel 1 lautet die Klammer: [vgl. § 22 f) und g)].

§ 21

Blanke und isolierte Leitungen (einschließlich Bleikabel)

Regel 1 erhält die Fassung:

1. Die vorstehenden Anforderungen gelten als erfüllt, wenn die isolierten Leitungen und die Bleikabel den einschlägigen VDE-Bestimmungen*) entsprechen.

*) Zur Zeit gelten:
VDE 0250 „Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen"
VDE 0255 „Vorschriften für Papierbleikabel in Starkstromanlagen"
VDE 0260 „Vorschriften für Papierbleikabel mit Aluminiumleitern in Starkstromanlagen"
VDE 0265 „Vorschriften für Gummibleikabel in Starkstromanlagen".

§ 22

Leitungsverlegung bei Fahrzeugen

Der 2. Absatz von Vorschrift b) wird mit folgender Fußnote versehen:

*) Gilt nur für Beidrähte nach VDE 0250/1934.

Der zweite Absatz von Regel 8 erhält die Fassung:

Bei Rohrverlegung soll im allgemeinen die lichte Weite sowie die Anzahl und der Halbmesser der Krümmungen so gewählt sein, daß man die Leitungen ohne Beschädigung einziehen kann. Die Rohre sollen an den freien Enden mit Schutzstücken, z. B. Tüllen, versehen sein, so daß die Isolierung der Leitungen durch vorstehende Teile oder scharfe Kanten nicht verletzt werden kann.

§ 23

Fahrleitungen und am gleichen Tragwerk geführte Freileitungen

c) Der letzte Absatz wird durch folgende Fassung ersetzt:

Durch dichte Fußböden und ausreichend bemessene, aus nicht entflammbarem Baustoff bestehende Schutzwände ist dafür zu sorgen, daß eine Berührung der Leitungen von oben und von der Seite her verhindert wird.

Als ausreichend bemessen gelten Schutzwände, wenn sie verhindern:

1. Zufällige Berührung Spannung führender Teile mit einfacheren Hilfsmitteln (z. B. Spazierstock).
2. Berührung mit weniger offensichtlichen Hilfsmitteln (z. B. Schnur-, Harn- oder Wasserfaden).
3. Herabfallen von Abfällen und Wasser auf Leitungen und Isolatoren.

Auf besondere Schutzwände kann verzichtet werden

1. bei überkreuzenden Bauwerken, deren Zugang nur bahneigenem Aufsichtspersonal gestattet ist.
2. wenn der senkrechte Abstand zwischen Straßendecke oder Gehboden und Spannung führenden Fahrleitungsteilen größer als 10 m ist.
3. wenn durch die Art der Brückenkonstruktion die oben angeführten Bedingungen bereits erfüllt sind.

Warnungstafeln sind in jedem Fall in ausreichender Anzahl und an gut sichtbaren Stellen anzubringen.

e) Am Schluß dieser Vorschrift wird hinzugefügt: (siehe auch § 24 B).

i) Der letzte Satz des ersten Absatzes lautet:

Die Schutzkasten sind nach VDE 0141 „Vorschriften für Erdungen in Wechselstromanlagen über 1 kV" zu erden.

l) Der erste Satz erhält folgenden Wortlaut:

Bei Betriebsspannungen von 1000 V und darüber sind sämtliche Maste oder Träger der Fahrleitung auch bei Nicht-Eisenmasten mit den Fahrschienen zu verbinden.

§ 24 B

Kreuzungen mit Eisenbahnen des allgemeinen Verkehrs

c) Unter Eisen- und Eisenbetonbauwerken ist über dem Fahrdraht eine in Richtung des Fahrdrahtes durchgehende hölzerne Schutzverschalung anzubringen, die nach jeder Seite wenigstens 0,5 m über das Bauwerk hinausragen muß. Die Schutzverschalung muß so breit sein, daß sie bei entgleistem, gebrochenem oder verschränktem Stromabnehmer eine leitende Verbindung unter Spannung stehender Teile der Fahrleitungsanlage mit den Eisenteilen des Bauwerks sicher verhindert. Bei Stromabnehmern mit Rollen oder Gleitschuh ist die Schutzverschalung mit seitlichen Führungsleisten auszuführen.

Die Befestigung der Verschalung an metallenen Bauteilen darf nicht durch Anbohren oder Ausklinken der Träger erfolgen. Alle mit dem Bauwerk in Verbindung stehenden, metallenen Befestigungsteile müssen gegen Lockern gesichert und gegen Berühren mit unter Spannung stehenden Teilen geschützt sein. Zur Aufhängung des Fahrdrahtes nach § 23 a) genügt ein Isolator.

Die Schutzverschalung kann bei einer geringeren lichten Höhe des Bauwerkes als 4,2 m über Straßenkrone unmittelbar an diesem befestigt werden. Bei einer lichten Höhe über Straßenkrone von 4,2 m und darüber muß ein Abstand von 15 mm zwi-

[1]) Genehmigt durch den Vorsitzenden des VDE im Dezember 1940.

schen Bauwerk und Oberkante Holzverschalung freigehalten werden. Die Holzverschalung ist durch Tränken oder Anstrich gegen das Eindringen von Feuchtigkeit zu schützen.

Wenn der Abstand zwischen der Unterkante des Bauwerkes und Schienenoberkante so groß ist, daß im ungünstigsten Fall (gebrochener oder hochgeschnellter Stromabnehmer) der Stromabnehmer oder der Fahrdraht das Bauwerk nicht berührt, kann von der Schutzverschalung abgesehen werden.

d) Unter Stein- und Betonbauwerken ohne Eiseneinlagen kann von der Anbringung einer durchgehenden Schutzverschalung abgesehen werden. Jedoch ist an den Stirnseiten des Bauwerkes eine Schutzverschalung anzubringen, die wenigstens 0,5 m in Richtung der Fahrleitung über das Bauwerk hinausragen muß, um eine Berührung der Leitungen von oben und von der Seite sicher zu verhindern.

e) Wenn Fahrleitungen oder Stromschienen einer fremden Bahn so unter, neben oder über der Reichsbahn geführt werden, daß Metallteile eines Bauwerkes trotz der Schutzverschalung oder bei fehlender Schutzverschalung durch entgleiste oder beschädigte Stromabnehmer, gerissene Fahrdrähte, Isolatorenschäden oder dgl. mit der Betriebsspannung verbunden werden können, müssen diese Metallteile mit den Fahrschienen der fremden Bahn durch eine Leitung verbunden werden, die für den größten an dieser Stelle möglichen Kurzschlußstrom zu bemessen ist. Zur Vermeidung von Erdströmen ist bei Gleichstrombahnen in diese Verbindungsleitung eine Spannungs-Durchschlagsicherung einzuschalten. Bei Anlagen mit erdfreier Hin- und Rückleitung (Obusanlagen) ist das Bauwerk (an Stelle der Verbindung mit der Schiene über Spannungs-Durchschlagsicherungen) mittels eines geeigneten Erders kurz zu erden.

Vorschriften nebst Ausführungsregeln für die Errichtung von Starkstromanlagen mit Betriebsspannungen unter 1000 V

VDE-Ausschuß für Errichtungsvorschriften I

DK 621.316.1(083.133.3)

VDE 0100 f/XII. 40

9. Änderung der ab 1. 1. 1930 gültigen Fassung
Abweichungen gegenüber dem in ETZ 61 (1940) H. 50, S. 1152 veröffentlichten Entwurf

Gültig ab 3. April 1941 *)

§ 2

(Begriffserklärungen)

e) Berührungsspannung ist die Spannung, die zwischen den der Berührung zugänglichen, nicht zum Betriebsstromkreis gehörenden Teilen und Erde oder zwischen diesen Teilen auftreten und von einem Menschen überbrückt werden kann.

f) Erden heißt, eine leitende Verbindung zwischen einem Anlageteil und einem Erder herstellen.

Erder sind Leiter, die ins Erdreich eingebettet sind und mit ihm in inniger Berührung stehen. Die Teile der Zuleitungen zu einem Erder, die unisoliert im Erdreich eingebettet sind, gelten als Teile des Erders und nicht als Erdleitungen.

Erdleitung ist eine Verbindungsleitung zu einem Erder, soweit sie auf dem Erdboden oder isoliert im Erdboden verlegt ist.

Erdsammelleitung ist eine Zuleitung zum Erder, an der mehrere Erdleitungen angeschlossen sind.

*) Genehmigt durch den Vorsitzenden des VDE im Dezember 1940.

§ 15

Ortsveränderliche Geräte

In Vorschrift f) 1. Absatz:

„In Sonderfällen sind auch Spannungen von mehr als 250 V gegen Erde zulässig."

§ 19

Leitungen

(isolierte und umhüllte Leitungen sowie Kabel)

In Regel 1, Abschnitt III „Leitungen für feste Verlegung nur über Putz" wird zugefügt „Rohrdrähte mit Faserstoffüllung für Betriebsspannungen bis 250 V gegen Erde . . . NRA".

§ 21

Allgemeines über Leitungsverlegung

In Vorschrift b) 2. und 3. Absatz und Fußnote 7:

Die Metallhüllen der Rohrdrähte und kabelähnlichen Leitungen dürfen nicht als alleinige Rückleitung, Erdungs-, Nullungs- oder Schutzleitung verwendet werden.

Sind Rohrdrähte und kabelähnliche Leitungen mit einem unmittelbar unter dem Mantel angeordneten und mit diesem leitend verbundenen blanken Draht (Beidraht) versehen, so kann dieser zur Erdung, Nullung oder Schutzschaltung, bei Rohrdrähten auch als Rückleitung benutzt werden[7]). Metallene Verbindungsstücke oder Gehäuse müssen an diesem Beidraht angeschlossen werden können.

[7]) Gilt nur für Beidrähte nach VDE 0250/1934.

Vorschriften für die Errichtung elektrischer Anlagen in Bergwerken unter Tage (B. u. T.)

DK 622.4 : 621.316 (083.133.3)

VDE 0118 b/XII. 40

2. Änderung der ab 1. 1. 1938 gültigen Fassung von VDE 0118/1937

Gültig ab 3. April 1941*)

§ 3

(Begriffserklärungen)

n) Erdleitung ist die leitende Verbindung zwischen dem zu erdenden Anlageteil und dem Erder.

o) Nulleiter ist ein geerdeter Sternpunkts- oder Mittelpunktsleiter.

Sternpunktsleiter (Mittelpunktsleiter) ist der Leiter, der vom Sternpunkt (Mittelpunkt) einer Anlage (Maschine, Transformator, Akkumulator usw.) ausgeht.

Nullen heißt, eine leitende Verbindung mit dem Nulleiter herstellen.

*) Genehmigt durch den Vorsitzenden des VDE im Dezember 1940.

Nullungsleitung ist die von einem Anlageteil zu dem Nulleiter führende Verbindung.

§ 6

Schutz gegen zu hohe Berührungsspannung.

Vorschrift d) 3:

Zur Durchführung der Erdung oder Nullung ist ein besonderer Schutzleiter innerhalb der gemeinsamen Umhüllung mitzuführen. Bei kabelähnlichen Leitungen darf der Beidraht zur Nullung oder Erdung verwendet werden*).

§ 19

In Vorschrift a) 2. Absatz wird die Bezeichnung „Edison-Fassung" durch „Fassung E 27" ersetzt.

In Vorschrift b) tritt an Stelle des Wortes „Swan" das Wort „Bajonett".

*) Gilt nur für Beidrähte nach VDE 0250/1934.



§ 20

Zulässige Leitungen

a) Isolierte Leitungen und Kabel müssen den einschlägigen VDE-Bestimmungen entsprechen oder diesen mindestens gleichwertig sein*).

§ 22

Leitungsverlegung und Leitungsanschlüsse

Vorschrift g) 3. Absatz.

*) Zur Zeit gelten:
VDE 0250/XII. 40 „Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen"
VDE 0255/1934 „Vorschriften für Papierbleikabel in Starkstromanlagen"
VDE 0265/1937 „Vorschriften für Gummibleikabel in Starkstromanlagen".

Der unter dem Mantel von kabelähnlichen Leitungen angeordnete, mit diesem leitend verbundene blanke Draht (Beidraht*), ferner die Bewehrung von Bleikabeln — gemeinsam mit dem Bleimantel — dürfen nur zu Erdung oder Nullung verwendet werden [siehe § 6d) Ziffer 3].

§ 35

In Vorschrift h) wird die Bezeichnung „Edison-Fassung 27" durch „Fassung E 27" ersetzt.

*) Gilt nur für Beidrähte nach VDE 0250/1934.

Vollkommener Gebäudeblitzschutz

DK 621.316.98

Es ist längst bekannt, daß in Gebäuden Schäden durch Überspannungen entstehen können, die über Freileitungen in die Gebäude eindringen[1]). Deshalb hat man Fernsprechfreileitungen an der Einführungsstelle in Gebäude schon immer mit Strom- und Spannungsschutz ausgerüstet. Im Gegensatz hierzu hat man bei Niederspannungsleitungen meist von einem solchen Schutz Abstand genommen. Dies hatte vor allem zwei Gründe; einmal gab es lange Zeit keine Überspannungsschutzgeräte, die unter den gegebenen Bedingungen einwandfrei arbeiteten, und außerdem lagen meist nur Einzelmeldungen vor, so daß man von der Zahl dieser Schäden keine klare Vorstellung hatte. Durch eine Statistik der in den Jahren 1925 bis 1937 in der Schweiz beobachteten Gebäudeblitzschäden[2]) liegen nunmehr auch darüber genaue Unterlagen vor. Danach beträgt der Schaden bei Gebäuden ohne Blitzschutz etwa 1,8% des versicherten Wertes, während er an Gebäuden mit Blitzableitern nur 0,4% beträgt. Dabei muß man allerdings noch berücksichtigen, daß die Hälfte aller Blitzschutzanlagen mangelhaft war, daß also der Schaden bei ordnungsmäßigen Blitzableitern eigentlich nur 0,2% gewesen wäre. Diese Zahlen (1,8% für Gebäude ohne Blitzableiter, 0,2% für Gebäude mit Blitzableitern) bestätigen einwandfrei die gute Schutzwirkung der heutigen Blitzableiter und widerlegen eindeutig neuerdings aufgestellte gegenteilige Behauptungen[3]).

Darüber hinaus gibt diese Statistik aber auch Aufschluß über die Frage, wieviele Schäden durch Überspannungen verursacht werden, die über Freileitungen in die Gebäude eingedrungen sind. Es ergibt sich nämlich, daß sowohl bei geschützten wie bei ungeschützten Gebäuden die Hälfte aller Schäden auf die eingeführten Freileitungen zurückzuführen ist. Wenn auch immer schon auf diese Schäden hingewiesen wurde, so bestätigt doch diese Statistik den Umfang dieser Schäden in einer Größe, die man nicht erwartet hätte. Anderseits muß man daraus folgern, daß man bei Gebäuden, in die Freileitungen eingeführt sind, nur die Hälfte der Schäden durch einen Blitzableiter vermeiden kann.

In einer Veröffentlichung[4]) beschäftigt sich A. Roth mit diesen über Freileitungen in die Gebäude eindringenden Überspannungen. Bei ihnen ist zu unterscheiden zwischen solchen, die durch Blitzschläge unmittelbar in die Freileitung hervorgerufen werden, und solchen, die beim Zusammenbruch des zwischen geladener Wolke und Erde bestehenden elektrostatischen Feldes auf der Leitung plötzlich frei werden. Diese sind weniger gefährlich, weil sie meist nur einen Entladestrom von einigen 100 A haben und nur ganz wenige Mikrosekunden dauern; sie können aber immerhin für Mensch und Tier gefährlich sein. Anders liegen die Verhältnisse beim unmittelbaren Blitzeinschlag in die Leitung. Bei diesem ist die in das Gebäude gelangende Überspannung im wesentlichen durch die Isolation der Freileitung begrenzt. Im besten Falle wird also die Spannung bis auf die Höhe der Überschlagsspannung der Isolatoren abgesenkt. Nimmt man diesen niedrigsten Wert mit etwa 80 000 V als Scheitelwert bei Stoß an, so sind in den Gebäudeanlagen Überspannungen zu erwarten, die mindestens diese Höhe haben. Einer solchen Spannung sind natürlich die angeschlossenen Hausinstallationen und Geräte, wie Zähler, nicht gewachsen; denn ihre Prüfspannungen liegen selbstverständlich erheblich niedriger und sind im wesentlichen durch Wirtschaftlichkeit, Raumbedarf und die für den normalen Gebrauch erforderliche Sicherheit bedingt. Zur Abhilfe ist es daher notwendig, diese hohen Spannungen an ihrem Eintritt in die Hausinstallation zu hindern. Dies ist grundsätzlich einfach; man bringt an der Einführungsstelle eine Funkenstrecke an, deren eine Seite mit der Leitung verbunden ist und deren andere Seite zu einer guten Erdung führt. Der Luftspalt wird dann so eingestellt, daß alle die elektrische Festigkeit der Hausanlage überschreitenden Spannungen über die Funkenstrecke zur Erde abgeleitet werden. Wesentlich ist aber, daß der normale Betriebsstrom nach der Ableitung der Überspannung nicht über die Funkenstrecke weiterfließen kann; d. h. der entstandene Lichtbogen muß nach dem Abfluß der Überspannung wieder einwandfrei gelöscht werden. Ausschlaggebend für die Wirksamkeit des Ableiters ist der Widerstand des Ableitungsweges, d. h. die Erdung des Überspannungsableiters. Es ergibt sich die einfache Tatsache, daß kein Überspannungsableiter besser sein kann als seine Erdungsanlage. Bedenkt man, daß man für den Gebäudeblitzschutz den geringsten, in der Umgebung vorhandenen Erdübergangswiderstand[5]) fordert, so ergibt sich, daß jede Erdung für den Gebäudeblitzableiter auch für einen guten Überspannungsschutz genügt.

Beim Einbau von Ableitern ist außerdem eine Reihe von Gesichtspunkten besonders zu beachten. Wie beim Gebäudeblitzableiter soll die Erdungsleitung möglichst kurz sein und scharfe Ecken vermeiden; zweckmäßig wird sie auch isoliert. Die Zahl der Überspannungsschutzgeräte richtet sich nach der Zahl der in das Gebäude eingeführten Leitungen; Leitungen, die an oder im Gebäude geerdet sind, z. B. Nulleiter, brauchen keinen Ableiter. Am besten ist der Einbau hinter der Hauptsicherung, da dann bei einer Beschädigung des Überspannungsschutzes das Gerät oft noch durch die Hauptsicherung abgeschaltet werden kann. Ob diese Vorsicht notwendig ist, hängt weitgehend vom Aufbau des Überspannungsschutzgerätes und den örtlichen Verhältnissen ab.

Die zur Zeit marktgängigen Ableiter haben alle Funkenstrecken in Luft von Atmosphärendruck. Die wesentlichen Unterschiede liegen in der Art, wie verhindert wird, daß der durch die Überspannung entstehende Lichtbogen unter dem Einfluß des nachfolgenden Betriebsstromes weiterbrennt. A. Roth beschreibt u. a. einen Überspannungsableiter mit elektromagnetischer Lichtbogenlöschung; andere Geräte besitzen spannungsabhängige Widerstände.

Zum Schluß sei festgestellt: Durch die in der Schweiz bearbeitete Statistik ist bestätigt, daß die Blitzschäden durch in Gebäude eingeführte elektrische Freileitungen zahlreicher sind, als man bisher annahm. Diese Schäden können durch den Gebäudeblitzableiter nicht verhindert werden. Wenn man daher ein Gebäude gegen jeden Blitzschaden sichern will, ist es notwendig, neben einem vorschriftsmäßigen Gebäudeblitzableiter die in das Gebäude eingeführten Freileitungen mit Überspannungsschutzgeräten auszurüsten. F. Moench VDE

1) A. Roth, Schweiz. Bauztg. 116 (1940) S. 71; 2 S., 5 B.
2) Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 31 (1940) S. 178.
3) Schwaiger, Der Schutzbereich von Blitzableitern. Verlag R. Oldenbourg, München u. Berlin 1938.
4) A. Roth, Eine Lücke im Gebäudeblitzschutz: Schutz gegen Blitzgefährdung durch Freileitungsnetze. Schweiz. Bauztg. 116 (1940) S. 71.

5) Blitzschutz. 4. Auflage 1937, Verlag W. Ernst & Sohn, Berlin, S. 47.

FÜR DEN JUNGEN INGENIEUR

Gleichstromschaltungen für elektrische Schiffsantriebe

Von R. Herbst VDE, Kiel

DK 621.34 : 629.123

Übersicht. Der elektrische Schiffsantrieb wird mit Vor- und Nachteilen dem Dampf- bzw. Dieselantrieb gegenübergestellt. Die gebräuchlichen Schaltungen für Gleichstrom-Antriebsanlagen werden entwickelt, und mit Hilfe der dazugehörigen Drehzahl-Drehmoment-Kennlinien werden die kennzeichnenden Eigenschaften der verschiedenen Antriebe erläutert.

1. Allgemeines

Über die Vor- und Nachteile des elektrischen Antriebes soll hier nur das Wesentliche angegeben werden. Als hauptsächliche Nachteile werden großes Gewicht und hohe Kosten angegeben. Das größere Gewicht gegenüber Dampfturbinenanlagen und Dieselgetriebeanlagen läßt sich nicht bestreiten, auch nicht die damit verbundenen höheren Kosten. Dagegen dürfte gegenüber unmittelbarem Dieselantrieb ein Unterschied im Gewicht nicht mehr vorhanden sein, wenn man berücksichtigt, daß beim Elektroantrieb kleine schnellaufende, nicht umsteuerbare Dieselmaschinen verwendet werden können statt der langsamlaufenden großen Schiffsdieselmotoren. Auch die Kosten sind wettbewerbsfähig zu gestalten, weil man beim elektrischen Antrieb die Maschinen in größerer Stückzahl bauen kann. Ein weiterer Nachteil soll der schlechtere Wirkungsgrad infolge der mehrfachen Umformung der Energie sein. Dem ist entgegenzuhalten, daß beim elektrischen Antrieb die Propellerdrehzahl für einen günstigeren Wirkungsgrad gewählt werden kann als bei direktem Antrieb; bei Getriebeantrieben besteht allerdings hinsichtlich Schraubendrehzahl ebenfalls verhältnismäßig große Freizügigkeit.

Diesen Nachteilen können als besondere Vorteile des elektrischen Antriebes gegenüberstellt werden:

1. Durch die verschiedenen Fahrtstufen läßt sich im Betriebe vielfach eine größere Wirtschaftlichkeit erreichen. Bei Kriegs- und Handelsschiffen kommt es vor, daß größere Strecken mit niedrigerer Geschwindigkeit gefahren werden müssen; beim elektrischen Antrieb kann in solchem Falle ein Teil der Generatoren abgeschaltet werden, so daß die restlichen Maschinen immer noch mit gutem Wirkungsgrad fahren.
2. Das Stillsetzen der Diesel- oder Turbogeneratoren zu Instandsetzungsarbeiten auf See während der Fahrt bietet keine Schwierigkeiten, was besonders bei Einschraubenschiffen wichtig ist.
3. Die langen Wellenleitungen mit den zugehörigen Wellentunneln fallen beim elektrischen Schiffsantrieb fort. Beim Aufstellen der Maschinen ist man daher erheblich freizügiger; auf diese Weise kann wertvoller Laderaum gewonnen werden.
4. Für kleinere Fahrzeuge in engen Gewässern besteht die Möglichkeit, direkt von der Brücke zu steuern, was die Manövrierfähigkeit wesentlich erhöht.
5. Bei Sonderfahrzeugen, wie Baggern, Tankern, Bergungsschleppern u. a. können die Hauptgeneratoren bei Bedarf auf die Hilfsmaschinen, Ladewinden, Ölpumpen usw. geschaltet werden, womit eine höhere Ausnutzung der Generatoren verbunden ist.

2. Schaltungsarten für Gleichstrom-Schiffsantriebe

Für kleinere Schiffseinheiten, die Leistungen bis etwa 1000 PS für ein oder zwei Wellen erfordern, wird im allgemeinen eine Gleichstromanlage verwendet, während auf deutschen Schiffen die großen Anlagen mit Leistungen von mehr als 5000 PS ausschließlich mit Drehstromanlagen ausgerüstet werden. In dem dazwischen liegenden Leistungsbereich können beide Stromarten verwendet werden. Im folgenden sollen die bis heute üblichen Gleichstrom-Schaltungsarten erläutert werden.

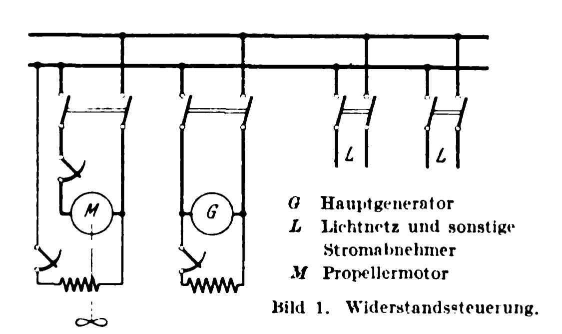


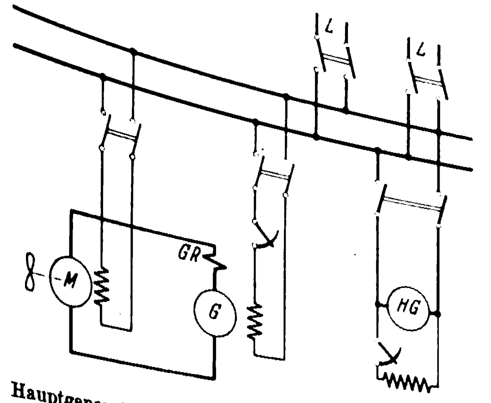
Bild 1. Widerstandssteuerung.

Die einfachste Gleichstromsteuerung ist die W i d e r s t a n d s s t e u e r u n g (Bild 1). Dabei sind für die niedrigen Drehzahlen Widerstände im Ankerstromkreis eingeschaltet und für die höheren Drehzahlen Vorwiderstände im Erregerstromkreis. Die Schaltung kann infolge der Verluste, insbesondere in den Ankervorwiderständen, nur für kleine Leistungen bis rd. 50 PS angewendet werden und ist auf Fährbooten üblich. Die Verluste in den Widerständen sind jedoch im Verhältnis zu anderen Widerstandssteuerungen gering, da die Propellerleistung ungefähr mit der dritten Potenz der Propellerdrehzahl ansteigt und die Ankervorwiderstände nur für die kleinen Drehzahlen benötigt werden. Als Vorteil dieser Schaltungsart ist zu sagen, daß sie eine gleichmäßige Spannung an den Sammelschienen hat und infolgedessen die anderen Stromverbraucher des Schiffes ohne weiteres angeschlossen werden können, wodurch ein besonderer Hilfsgenerator gespart wird.

Die L e o n a r d s c h a l t u n g (Bild 2) ist bis zu den größten Leistungen brauchbar. Die Drehzahlsteuerung geschieht bei dieser Schaltungsart nur mit geringen Verlusten im Feldstromkreis des Hauptgenerators. Der Generator wird mit einer schwachen Gegenreihenschlußwicklung versehen, um beim Überschalten auf eine andere Drehzahlstufe zu hohe Schaltstromstöße zu vermeiden. Die Erregung für den Hauptgenerator und den Propellermotor wird vom Schiffsnetz abgenommen, das von einem besonderen Generator unabhängig vom Propellerantrieb gespeist wird. Häufig verfährt man auch so, daß an den Hauptgenerator eine kleine Erregermaschine angeflanscht wird, die die Erregung für den Hauptgenerator und den Propellermotor liefert. Man ist in diesem Falle mit der wichtigen Propelleranlage unabhängig von Störungen im



Außerdem besteht auch die Möglichkeit, … Hauptgeneratoren auf einen Propellermotor par- … laufen zu lassen. Dabei wird die Gegenreihenschluß-wicklung zweckmäßig so bemessen, daß die Generatoren eine abfallende Drehzahl-Drehmoment-Kennlinie erhalten, um eine gleichmäßige Belastung zu erzielen.

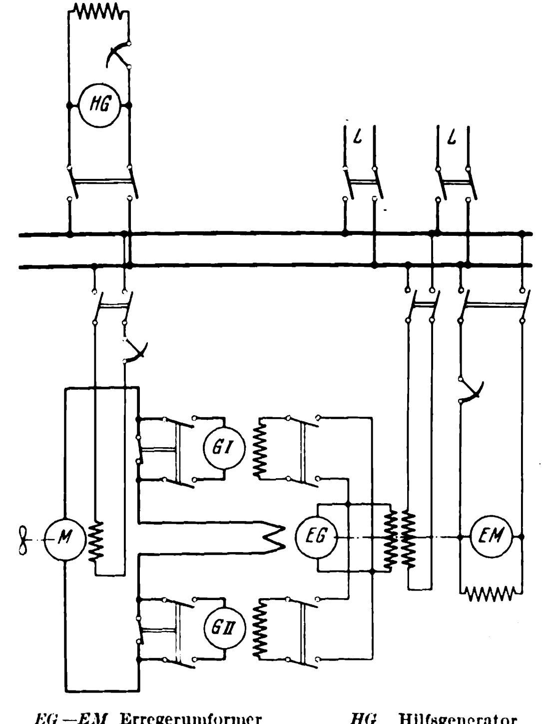


G Hauptgenerator
GR Gegenreihenschlußwicklung
HG Hilfsgenerator
L Lichtnetz und sonstige Stromverbraucher
M Propellermotor

Bild 2. Leonardsteuerung.

Häufig werden auch mehrere Generatoren mit einem Propellermotor in Reihe geschaltet. Das Arbeiten mehrerer Generatoren auf einen Propellermotor ergibt den Vorteil, daß bei niedriger Fahrtstufe ein Teil der Generatoren abgeschaltet werden kann. Ein Nachteil ist beim Leonardantrieb darin zu erblicken, daß er verhältnismäßig starre Drehzahl-Drehmoment-Kennlinien besitzt, die leicht zu einer Überlastung führen können, wenn das Propellerdrehmoment plötzlich stark ansteigt, was durch Fremdkörper im Propeller, Hartruderlage u. a. vorkommen kann. Diesen Nachteil vermeidet die folgende Schaltung.

Diese der Leonardschaltung ähnliche Schaltung, die sogenannte Konstantstromschaltung, zeigt Bild 3. Dabei liegen zwei bis drei Generatoren mit dem Propellermotor in Reihe. Beim Fahren mit einem Teil

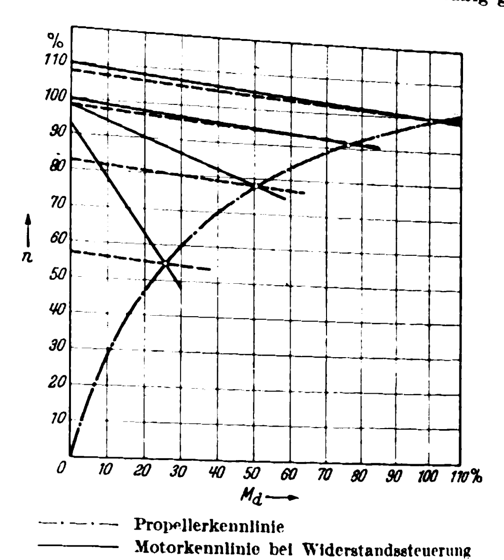


EG—EM Erregerumformer
G I, G II Hauptgeneratoren
HG Hilfsgenerator
M Propellermotor

Bild 3. Konstantstromschaltung mit zwei Generatoren.

der Generatoren sind die anderen abgeschaltet und vorher kurzgeschlossen worden, um den Stromkreis nicht zu unterbrechen. Die Regelung der Drehzahl geschieht durch Widerstände im Feldstromkreis des Propellermotors. Die Erregung der Generatoren wird von einem besonderen Umformersatz geliefert. Die Erregermaschine ist mit drei Erregerwicklungen zur Fremd-, Selbst- und Gegenreihenschluß-Erregung ausgestattet. Die Fremderregung liegt am Schiffsnetz, und die Gegenreihenschlußwicklung wird vom Ankerstrom des Propellermotors durchflossen.

Die Wirkungsweise ist folgende: Bei vollem Motorfeld und voller Leistung möge Gleichgewichtszustand herrschen. Wird jetzt das Propellermotorfeld geschwächt, so gehört zum gleichen Drehmoment ein größerer Ankerstrom nach der Gleichung $M_d = C\,\Phi\,I$, wobei M_d das Drehmoment, C eine Motorkonstante, Φ den magnetischen Fluß und I den Ankerstrom darstellt. Dementsprechend wird die Wirkung der Gegenreihenschlußwicklung in der Erregermaschine größer, die Erregerspannung sinkt und damit auch die Ankerspannung am Propellermotor; also sinkt bei ansteigendem Ankerstrom die Ankerspannung. Die Erregermaschine ist nun so bemessen, daß schon bei kleinem Anstieg des Stromes eine verhältnismäßig große



— · — · — Propellerkennlinie
———— Motorkennlinie bei Widerstandssteuerung
- - - - - - Motorkennlinie bei Leonardsteuerung

Bild 4. Drehzahl-Drehmoment-Kennlinien bei Widerstands- und Leonardsteuerung.

Spannungsabsenkung stattfindet, um trotz Feldschwächung am Propellermotor eine Drehzahlabsenkung zu erzielen. Bei ganz ausgeschaltetem Motorfeld fließt der größte Ankerstrom. Die Schaltung hat den Vorteil, daß eine Überlastung des Motors über den Stillstandspunkt hinaus nicht eintreten kann. Demgegenüber sind die durch das dauernde Fließen des vollen Ankerstromes hervorgerufenen Stromwärmeverluste als Nachteil anzusprechen. Bedenklich ist auch die Tatsache, daß der Propellermotor bei Seegang, wenn die Schraube aus dem Wasser taucht, infolge des verringerten Drehmomentes bei geschwächtem Feld durchgehen kann. Um eine unzulässige Drehzahlerhöhung zu verhüten, wird ein Fliehkraftschalter am Propellermotor angebracht, der die Anlage in solchem Gefahrenfalle schützt.

Diese beiden letztgenannten Nachteile lassen sich durch eine abgeänderte Konstantstromschaltung vermeiden. Dabei werden die Generatoren nicht in Reihe, sondern parallel geschaltet; jeder Generator erhält eine eigene angeflanschte Erregermaschine mit den gleichen Wicklungen und derselben Wirkungsweise wie bei der Konstantstromschaltung. Die Erregermaschinen müssen jedoch im Gegensatz zur einfachen Konstantstromschaltung mit höherer Eisensättigung aus-

geführt werden, um in Verbindung mit dem richtigen Amperewindungsverhältnis der drei Erregerwicklungen eine stark abfallende Kennlinie zu erhalten. Die Erregung der Generatoren muß in diesem Falle so aufeinander abgestimmt sein, daß bei einer bestimmten Fahrthebelstellung unabhängig von der Anzahl der eingeschalteten Generatoren stets die gleiche Propellermotorendrehzahl gefahren wird.

3. Kennlinien der Gleichstromschaltungen

Das Arbeitsverhalten der Propellermotoren wird übersichtlich durch die Drehzahl-Drehmoment-Kennlinien dargestellt. Das Propellerdrehmoment steigt in Abhängigkeit von der Drehzahl mit mehr als der zweiten Potenz. Für die Widerstandssteuerung (Bild 4) ist angenommen, daß von Null bis 75 % des Vollastdrehmomentes durch Ankervorwiderstände und von 75 % bis Vollast durch Nebenschlußregelung gesteuert wird. Die Kennlinien verlaufen daher im unteren Bereich steil und werden dann entsprechend dem Spannungsabfall, der durch die Vorschaltwiderstände hervorgerufen wird, bis zu 75 % M_d flacher; von da ab verlaufen sie praktisch parallel, da die Feldschwächung über den gesamten Drehmomentbereich wirksam ist. Bei der Leonardsteuerung verlaufen alle Kennlinien fast parallel zueinander, die jeweiligen Schnittpunkte der Motorkennlinien mit der Propellerkennlinie bilden die Betriebspunkte. Praktisch werden soviel Steuerstufen vorgesehen, daß beim Schalten von einer Stufe auf die nächste keine unzulässigen Schaltstromstöße auftreten können; der Einfachheit halber sind nur vier Stufen gezeichnet.

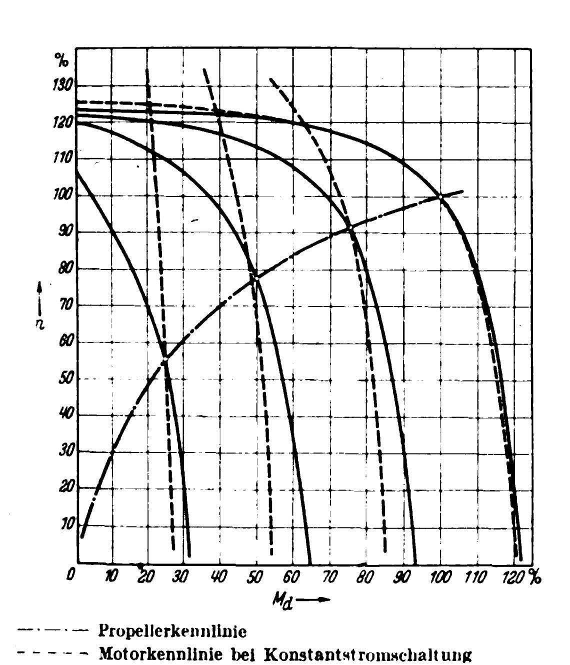


Bild 5. Drehzahl-Drehmoment-Kennlinien bei den Konstantstromschaltungen.

In Bild 5 sind die Kennlinien für die Konstantstromschaltungen dargestellt. Die stark ansteigende Drehzahl bei kleinem Drehmoment ist daraus klar ersichtlich. Im Gegensatz dazu ist die Drehzahl des Motors bei der abgeänderten Konstantstromschaltung für jedes Drehmoment begrenzt.

Zusammenfassung

Die Ausführungen zeigen, daß die Gleichstromsteuerungen für elektrischen Schiffsantrieb recht mannigfaltig sind, so daß entsprechend den Kennlinien jeweils ein geeigneter Antrieb zweckentsprechend ausgewählt werden kann. Für viele Sonderfahrzeuge ist der elektrische Antrieb fraglos am besten geeignet. Im übrigen beschränkt sich die Verwendung von elektrischen Schraubenantrieben in Deutschland zur Zeit auf Handelsschiffe. Für Kriegsschiffe ist ein elektrischer Antrieb noch nicht eingeführt, weil hier bezüglich Gewicht, Raumbedarf und Manövrierfähigkeit besondere Forderungen gestellt werden müssen. Nach den bisher vorliegenden Urteilen haben sich die elektrischen Schiffsantriebe durchaus bewährt, so daß mit ihrer weiteren Einführung zu rechnen ist.

Aus dem Schrifttum

[1.] G. Lesch, Elektrischer Schiffsantrieb, seine Eigenschaften und Anwendungsmöglichkeiten. Werft Reed. Hafen 15 (1934) S. 171/192.
[2.] E. Meystre, Der diesel-elektrische Antrieb des Salonschiffes „Genève". Werft Reed. Hafen 16 (1935) S. 4.
[3.] W. Saunders, Diesel-electric Ferry for the Clyde. Gen. Electr. J. (1938) S. 293.
[4.] The diesel-electric Pilot-Cutter „Vigia"; Shipbuilder 44 (1937) S. 177.
[5.] Die elektrische Anlage eines Tonnenlegers. Schiffbau 32 (1931) S. 401.

Berechnung von Siebschaltungen mit dem Betriebsübertragungsmaß

DK 621.396.662.3

In der Arbeit wird das Betriebsübertragungsmaß symmetrischer linearer Vierpole unter der Voraussetzung, daß die Abschlußwiderstände auf beiden Seiten des Vierpoles gleich und rein ohmisch sind, berechnet[1]). Ausgehend von der in Bild 1 gezeigten Kreuzschaltung, in die man jede symmetrische Abzweigschaltung überführen kann[2]) und in der die kleinen Buchstaben bei den Pfeilen die Ströme und die großen Buchstaben die Widerstände bezeichnen, erhält man für den Eingangswiderstand W der Siebschaltung nach einfacher Rechenarbeit den Ausdruck

$$W = \frac{2\,A\,B + (A+B)\,C}{A+B+2\,C} \tag{1}$$

und für das Stromverhältnis x/y die Gleichung

$$\frac{x}{y} = \frac{A+B+2\,C}{B-A}.$$

Bei Anpassung, d. h. wenn $W = C = Z$ ist, gilt für Z als dem Wellenwiderstand der Schaltung nach Gl. (1)

$$Z = \sqrt{A/B} \tag{1a}$$

und für den natürlichen Logarithmus von x/y als dem Wellenübertragungsmaß $\mathfrak{g}$ nach Gl. (2)

$$\mathfrak{g} = \ln \frac{1+\sqrt{A/B}}{1-\sqrt{A/B}}. \tag{2a}$$

Bei Nichtanpassung bezeichnet man das Verhältnis des Ausgangsstromes bei Durchschaltung ohne Vierpol zum Ausgangsstrom bei Zwischenschaltung des Vierpols als das Betriebsübertragungsmaß $\mathfrak{g}_b$. Gemäß Bild 1 ist also

$$\mathfrak{g}_b = \ln \frac{\dfrac{E}{2\,C}}{\dfrac{E}{C+W}\,\dfrac{y}{x}} = \ln\left(\frac{C+W}{2\,C}\,\frac{x}{y}\right).$$

1) F. Wisgrill, Telegr.- u. Fernspr.-Techn. 29 (1940) S. 74; 4 S., 7 B.
2) Elektr. Nachr.-Techn. 5 (1928) S. 300.

...hält man schließlich ... Anpassungsfaktors $p = Z/C$ und mit

$$\mathfrak{g}_b = \ln \frac{\frac{Z}{p}\left(A + B + \frac{2Z}{p}\right) + 2AB + (A+B)\frac{Z}{p}}{\frac{2Z}{p}(B-A)} \quad (3)$$

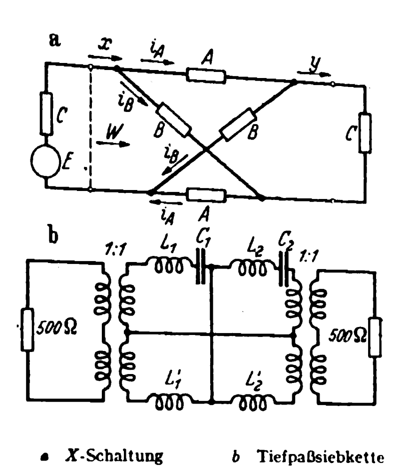
Berechnet man aus den Gl. (1a) und (2a) A und B, so läßt sich damit nach einigen Zwischenrechnungen für das Betriebsübertragungsmaß die Gleichung

$$\mathfrak{g}_b = \ln \frac{(p+1)^2 - (p-1)^2 e^{-2\mathfrak{g}}}{4p} + \mathfrak{g} \quad (3')$$

aufstellen; zum Wellenübertragungsmaß $\mathfrak{g}$ addiert sich also jetzt ein Glied, das für $p = 1$ verschwindet, also der Fehlanpassung Rechnung trägt und darum das Reflexionsübertragungsmaß

$$\mathfrak{g}_R = \ln \frac{(p+1)^2 - (p-1)^2 e^{-2\mathfrak{g}}}{4p} \quad (3'')$$

genannt wird. In der Praxis interessieren bei Siebketten zwei Frequenzbereiche: der Durchlaß- und der Sperrbereich. Vorausgesetzt, daß die Schaltelemente des Vierpols verlustfrei sind, was in der Praxis in der Regel mit ziemlicher Genauigkeit der Fall ist, ist der Anpassungsfaktor p im Durchlaßbereich reell und die Wellendämpfung als reelle Komponente des



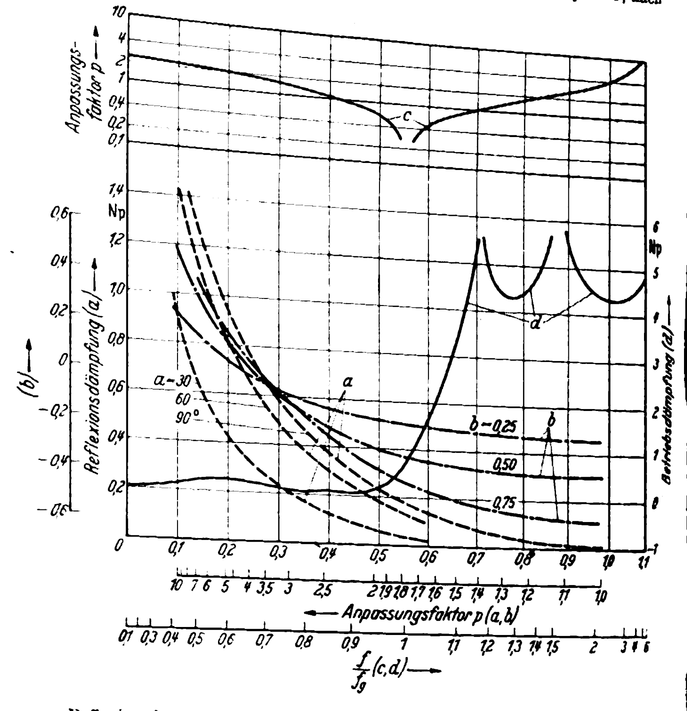
a *X*-Schaltung b Tiefpaßsiebkette

Bild 1. Vierpole.

sie Bild 1b zeigt. Die einzelnen Schaltelemente dieser Kette lassen sich nach den Formeln

$$L = m\,\frac{Z}{2\pi f_g}, \quad L' = \frac{1}{m}\,\frac{Z}{2\pi f_g}, \quad C = \frac{m}{2\pi f_g Z}$$

berechnen. Der Tiefpaß soll beiderseits mit Scheinwiderständen von $C = 500\,\Omega$ abgeschlossen sein und im Durchlaßbereich eine Betriebsdämpfung bis zu 0,3 N, im Sperrbereich eine solche von mehr als 4 N haben. Die Kurvenschar in Bild 2a zeigt, daß die größte Betriebsdämpfung im Durchlaßbereich, die gleich der Reflexionsdämpfung ist, bei einem Wellenwinkelmaß von 90° zu erwarten ist. Damit sie nicht größer als 0,3 N wird, muß p zwischen 0,5 und 2 gewählt werden. Nimmt man $p = 2$, so wird der Nennwert des Wellenwiderstandes $Z_0 = 1000\,\Omega$. Der Verlauf des Wellenwiderstandes $\mathfrak{Z}$ mit der Frequenz ergibt sich aus $\mathfrak{Z} = Z_0\sqrt{1-(f/f_g)^2}$. Damit erhält man den in Bild 2c wiedergegebenen Verlauf von p. Bei $f/f_g = 1{,}2$ ist $p = 1$; nach



a Reflexionsdämpfung b_R im Durchlaßbereich in Abhängigkeit vom Anpassungsfaktor p
b Verlauf im Sperrbereich
c Anpassungsfaktor
d Betriebsdämpfung bei verschiedenen Frequenzen für das Sieb in Bild 1b

Bild 2. Kennlinien linearer symmetrischer Vierpole.

Wellenübertragungsmaßes $\mathfrak{g}$ Null; $\mathfrak{g}$ ist imaginär und durch die Gleichung $\mathfrak{g} = j\,a$ darstellbar. Für jedes Wellenwinkelmaß a läßt sich sowohl die aus Gl. (3″) als reelle Komponente abtrennbare Reflexionsdämpfung b_r als auch das im imaginären Teil gegebene Reflexionswinkelmaß a_r in Abhängigkeit von p graphisch darstellen. Im Sperrbereich ist p imaginär, die Wellendämpfung hat einen endlichen Wert und das Wellenwinkelmaß ist ein Vielfaches von π, so daß $e^{2\mathfrak{g}}$ positiv reell ist. Wiederum läßt sich die Reflexionsdämpfung b_r und das Reflexionswinkelmaß a_r in Abhängigkeit von p mit der Wellendämpfung b als Parameter in Kurvenform darstellen. Damit ist dann Gl. (3″) in die für den praktischen Gebrauch bequemste Form gebracht. Dabei kommt dieser Darstellung die Tatsache zugute, daß Gl. (3″) sich nicht ändert, wenn man $p = 1/p$ setzt, so daß man die Abszisse der Kurven nur von 0 bis 1 zu erstrecken braucht. Der Gebrauch solcher Kurven wird an einer Tiefpaßsiebkette aus zwei Brückengliedern erläutert, wie

den Kurven in Bild 2b hat die Reflexionsdämpfung im Sperrbereich im Gebiet großer Wellendämpfung einen Wert von etwa — 0,7 N, der oberhalb $p = 2$ wegen des Anstieges von p über $p = 3$ stark ins positive Gebiet hineinwächst. Die Wellendämpfung muß also so gewählt werden, daß sie bei $f/f_g = 1$ etwa 0,7 N höher liegt als der verlangte Mindestwert von 4 N, während sie oberhalb $f/f_g = 2$ unter diesen Wert sinken darf. Durch Probieren läßt sich feststellen, daß man mit $m = 0{,}55$ für das erste und $m = 0{,}75$ für das zweite Glied der Schaltung den gewünschten Verlauf der Wellendämpfung bekommt. Nach Bestimmen der Summe der Wellenwinkelmaße und der Wellendämpfungen beider Glieder läßt sich für die entsprechenden, aus Bild 2c ablesbaren Anpassungsfaktoren der genaue Verlauf der Reflexionsdämpfung aus den Kurven in Bild 2a und b ablesen. Zur Wellendämpfung die Reflexionsdämpfung zugezählt ergibt sich der in Bild 2d gezeigte Verlauf der Betriebsdämpfung.

E. C. M.

RUNDSCHAU

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung

DK 551.594.22 : 621.311.1(73)

Verminderung der Blitzstörungen um 80 %. [Nach R. M. Schahfer u. W. H. Kuntz, Electr. Wld., N.Y. 113 (1940) S. 2049; 2 S., 1 B.]

Die Verfasser berichten zunächst über die Gewitterstörungen an einer 132 kV-Leitung auf Eisenmasten. In den Jahren 1931 bis 1937 hatte die Leitung eine Länge von etwa 300 km, und in dieser Zeit betrugen die Blitzstörungen im Mittel 6 je Jahr und 100 km; der Höchstwert war 8. Die Leitungen waren mit Erdseilen ausgerüstet. Die Störungen waren vor allem auf zu hohe Masterdungswiderstände zurückzuführen. Bei Erweiterungen des Netzes seit 1937 wurde versucht, die Störungen herabzusetzen. Dadurch, daß die Überschlagspannung der Isolation und die Erdwiderstände der Masten bei einer größten Blitzstromstärke von 150 000 A in Einklang miteinander gebracht wurden, konnten die Störungen bis zum Jahre 1939 bei einer Gesamtlänge des Netzes von nahezu 400 km im Mittel auf jährlich eine je 100 km zurückgeführt werden.

Ein ähnlich gutes Ergebnis wurde auch bei einer 1938 erbauten 90 km langen Holzmastleitung für 66 kV erzielt. Bei dieser wurde das Erdseil an jedem Mast geerdet. Dabei war jedoch auf den Überschlagsweg von Leiter nach Erde zu achten. Während bei Eisenmasten ein Überschlag einfach über die Porzellanisolatoren gehen würde, führt der Überschlagspfad bei Holzmastleitungen z. T. auch über Holz. Damit aber der Holzmast von dem Betriebsstrom nicht beschädigt wird, wird die Überschlagspannung der reinen Luftstrecke vom Leiter nach Erde kleiner gehalten als die derjenigen Überschlagsstrecken, die Holz enthalten. Das kann dadurch erreicht werden, daß die Erdableitung nicht unmittelbar auf dem Holzmast verlegt wird, sondern durch isolierte Ausleger in bestimmtem Abstand davon gehalten wird. Auf diese Weise läßt sich jede beliebige Luftfunkenstrecke einstellen, wodurch rückwärtige Überschläge vermieden werden können.

Zum Schluß wird über eine 80 km lange 66 kV-Holzmastleitung berichtet, die von 1932 bis 1939 kein Erdseil besaß und in dieser Zeit im Mittel jährlich 26 Störungen auf 100 km aufzuweisen hatte. Nachdem aber im Juli 1939 die Leitung mit einem Erdseil ausgerüstet und dieses an jedem Mast wie oben beschrieben geerdet war, sind bisher keine Gewitterstörungen mehr aufgetreten.

Wegen der Kürze der Zeit wäre es verfrüht, ein endgültiges Urteil über die Bewährung der getroffenen Maßnahmen abzugeben. Es kann jedoch festgestellt werden, daß eine gute Abschirmung und Erdung in Verbindung mit einer entsprechenden Isolation eine Freileitung nahezu gewittersicher macht. *Sie.*

Elektrische Maschinen

DK 621.313.322—81

Untersuchung der Schaufelschwingungen von Turbogeneratoren. [Nach Electr. Engng. 59 (1940) S. 159; 1 S., 1 B.]

Brüche an den Laufradschaufeln von Turbogeneratoren mit stoßartiger Beaufschlagung machten die Untersuchung der Schwingungserscheinungen solcher Schaufeln notwendig. Hierzu wurde das im Bild 1 schematisch dargestellte optische Verfahren benutzt, das buchstäblich einen Einblick in das Innere der Turbine während des Laufes und die Beobachtung der Schaufelschwingungen ermöglicht. An den Schaufeln sind winzige Spiegelchen angebracht; ein Lichtstrahl gelangt durch eine Bohrung in die Turbinenwelle und wird mit Hilfe eines Winkelspiegels durch eine Öffnung in der Welle und des Laufrades auf die zu untersuchende Schaufel und sodann durch die Welle zurück auf einen Beobachtungsschirm oder in eine Kamera geworfen. Das Schaulinienbild rechts in der schematischen Darstellung läßt die Schwingungen des an den Spiegeln der Turbinenschaufeln zurückgeworfenen Lichtfleckes erkennen. Würden diese Schaufeln keine Schwingungen ausführen, so müßte sich im Schaulinienbild ein Kreis ergeben. Von der Westinghouse Co. wurde eine mit einem 10 000 kW-Generator gekuppelte 50 000 kW-Dampfturbine für Versuchszwecke aufgestellt, an der das Verhalten und die Lebensdauer von Turbinenschaufeln unter verschiedenen Belastungsverhältnissen, die Resonanz und Dämpfung der Schwingungen usw. in der angegebenen Weise planmäßig untersucht werden kann. *O. N.*

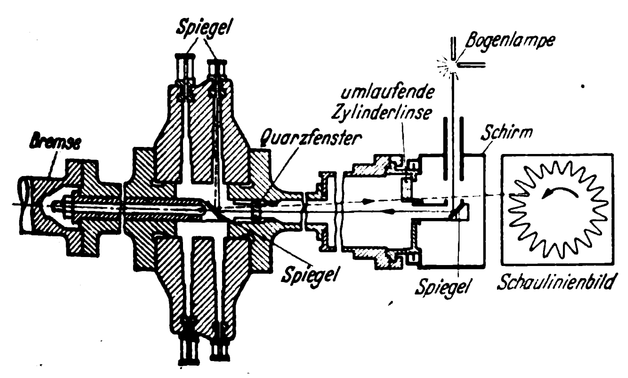


Bild 1. Anordnung zur Untersuchung von Schaufelschwingungen.

Meßgeräte und Meßverfahren

DK 621.317.33

Verwendung von Verstärkern als Scheinwiderstandsmesser. [Nach K. Oettl, Telegr.-, Fernspr.-, Funk- u. Fernsehtechn. 29 (1940) S. 192; $3^1/_2$% S., 6 B.]

Zur Messung des Scheinwiderstandes von Kabeln oder Freileitungen kann beim Fehlen eines geeigneten Scheinwiderstandsmessers, z. B. auf kleineren Ämtern, vorteilhaft ein Verfahren angewendet werden, bei dem ein normaler Zweidrahtverstärker als Meßbrücke verwendet wird. Bei diesem vom Verfasser vorgeschlagenen Verfahren wird außer dem Verstärker selbst nur noch ein Tonfrequenzmeßsender und -empfänger sowie eine Reihenschaltung, bestehend aus einem veränderlichen ohmschen Widerstand, einer veränderlichen Kapazität und Induktivität, benötigt. Der grundsätzliche Aufbau der Schaltung ist in Bild 2 dargestellt. An dem Ausgang F_1 wird die zu untersuchende Leitung angeschlossen. An Stelle der Nachbildung wird die aus Widerstand, Kapazität und Induktivität bestehende Reihenschaltung eingesetzt. An den Pegelpunkten P_{2-1} wird der Meßsender, an den Punkten P_{1-2} der Empfänger angeschaltet. Die Messung geht nun in der Weise vor sich, daß für jede bei P_{2-1} eingesendete Meßfrequenz die Nachbildung R, C, L so lange geändert wird, bis der vom Ausgleichsübertrager zum Empfänger gelangende Strom verschwindet. Das Rohr F_{1-2} dient hierbei als Meßverstärker, während das Rohr F_{2-1} zweckmäßigerweise stillgelegt wird. Im Falle des Abgleichs ist dann der Eingangswiderstand der bei $A—B$ angeschlossenen Leitung gleich dem eingestellten Scheinwiderstand der Nachbildung und ergibt sich zu

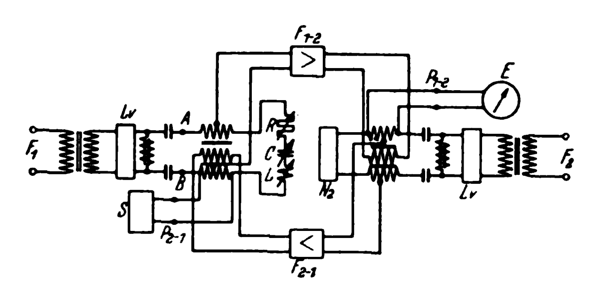


Bild 2. Schaltung der Meßanordnung.

$$\mathfrak{W} = R + \frac{1}{j\,\omega\,C} + j\,\omega\,L.$$

Die Messungen werden für mehrere, im Übertragungsbereich liegende Frequenzen durchgeführt und ergeben punktweise den Kurvenverlauf der Scheinwiderstandskomponenten. In den Meßergebnissen sind hierbei die Einflüsse der zugehörigen Amtsschaltungen bereits enthalten, so daß man direkt den Sollwert der idealen Nachbildung erhält. Die erreichbare Genauigkeit des Verfahrens hängt dabei sowohl von der Symmetrie des Aus-



...auch von der Güte der als Nachbildung ...ente ab. Mit Hilfe der nach diesem Verfahren ... Scheinwiderstandswerte können dann, wie der Ver... einigen praktischen Beispielen zeigt, selbst für stark ...omogene Leitungen genaue Nachbildungen ermittelt werden. Es wird ein Rechnungsverfahren angegeben, das unter Zugrundelegung der Ortskurvendarstellung des Scheinwiderstandes für bestimmte Fälle eine einfache Konstruktion der passenden Nachbildung ermöglicht. *H. W.*

Fernmeldetechnik

Ueber die Verwendung von Elektronenröhren als veränderlicher Scheinwiderstand. DK 621.385.831 : 621.3.028 [Nach H. Chireix, Rev. gén. Électr. 47 (1940) S. 317; 5 S., 3 B.]

In der Rundfunktechnik werden häufig Verstärkerröhren in Schaltungen verwendet, in denen sie bei stetiger Änderung der Gittergleichspannung als veränderlicher Scheinwiderstand wirken. Schaltet man z. B. eine solche Anordnung parallel zum Oszillatorschwingkreis eines Überlagerungsempfängers und

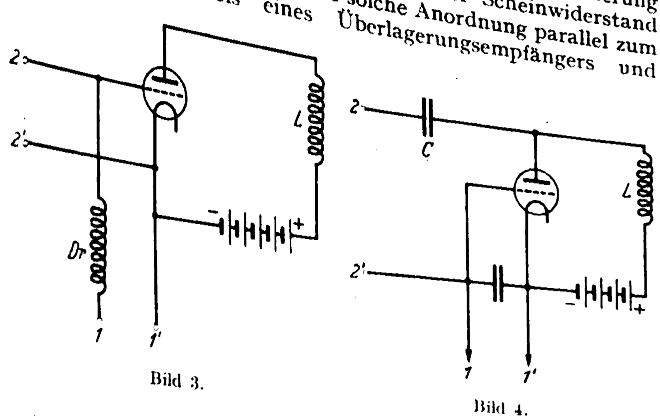


Bild 3.

Bild 4.

steuert die Nachstimmröhre mit einer an der Gleichrichterstufe abgenommenen Vorspannung, so erhält man eine selbsttätige Feinabstimmung. Ein solcher Scheinwiderstand kann auch als eine durch eine Gleichspannungsänderung bewirkte veränderliche Kopplung zwischen zwei Kreisen sowie in einer Schaltung zur Frequenzmodulation verwendet werden. In allen diesen Schaltungen tritt die imaginäre Widerstandskomponente als erwünscht auf, während die reelle Komponente unerwünscht, jedoch meist unvermeidlich ist. In der vorliegenden Arbeit werden drei Schaltungen untersucht (Bild 3 bis 5). In der ersten Anordnung (Bild 3) tritt der veränderliche Scheinwiderstand zwischen Steuergitter und Kathode auf; die Steuergleichspannung wird dem Gitter über eine die Wechselspannung sperrende Drossel zugeführt, während im Anodenkreis eine Selbstinduktion L liegt. Aus einer Ersatzschaltung, in die die innere Röhrenkapazität C, die Spannungsverstärkung der Röhre μ sowie der innere Widerstand der Röhre ϱ eingehen, werden nun die beiden Komponenten des Scheinleitwertes gerechnet:

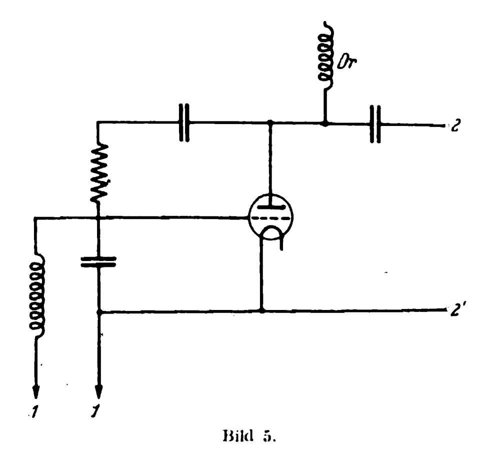


Bild 5.

$$A_{im} = \omega C \left[1 + \mu - \frac{1}{\alpha - 1}\right], \quad A_{re} = \frac{\omega C}{2} \left[1 + \mu + \frac{1}{\alpha - 1}\right].$$

Darin ist $\alpha = \omega^2 LC$. Das Verhalten der Röhre als Scheinleitwert wird hierauf für einige spezielle Fälle untersucht. Z. B. ergibt sich für $\alpha = \frac{1}{1+\mu}$ ein Verschwinden der imaginären Komponente, während A_{re} gleich $\omega C (1 + \mu)$ ist. Für die Symmetriebedingung $\alpha - 1 = \frac{\mu}{1+\mu}$ dagegen verschwindet die reelle Komponente und man erhält für A_{im} den von ϱ unabhängigen Wert $\omega C (1 + \mu)$. In ähnlicher Weise wird eine Schaltung untersucht, in der der veränderliche Scheinwiderstand zwischen Kathode und Anode über einen Kondensator C abgenommen wird, Bild 4. Die hier auftretenden Scheinleitwertsänderungen sind, unter gleichen Bedingungen wie früher, jedoch wesentlich schwächer als in der ersten Schaltung. Als letzter Fall wird eine Schaltung untersucht, in der Gitter und Anode an einem Spannungsteiler liegen, dessen eine Hälfte ein ohmscher Widerstand und dessen andere ein Blindwiderstand ist, Bild 5. Werden Pentoden verwendet, so ist der innere Widerstand ϱ und die Verstärkung μ hoch. Für diesen Fall ist näherungsweise: $A_{im} = \frac{S}{\sqrt{1+\mu}}$, $A_{re} = \frac{S}{1+\mu}$, wobei $S = \mu\,\varrho$. Daraus ergeben sich für die vier möglichen Spannungsteilerkombinationen die auftretenden Blindleitwerte. Die ganze Untersuchung gilt nur für kleine Wechselspannungen. *Drg.*

Theoretische Elektrotechnik

Empirische Formeln für Wechselstrom-Koronaverluste. DK 537.523.3 [Nach Y. Satoh u. M. Nakagawa, Electrotechn. J., Tokio 4 (1940) S. 123; 3½ S., 3 B.]

Die von Peek[1]) aufgestellten und auch noch jetzt meist angewendeten Formeln zur Bestimmung der Koronaverluste wurden an verhältnismäßig dünnen Leitern ermittelt. Die Verfasser machten daher Versuche, um einfache empirische Formeln für Leiter von ungefähr 2 cm Dmr. zu erhalten, wie sie in Japan zur Zeit allgemein verwendet werden. Als Versuchsanordnung benutzen sie nicht die wegen ihrer eindeutigen elektrischen Verhältnisse meist bevorzugte Reuse, sondern sie spannten die etwa 11 m langen, sorgfältig gereinigten Prüfmuster in einem Abstand von 1 bis 4 m über einem Drahtnetz von etwa 7 × 24 m waagerecht aus und maßen die Verluste mit einem Vakuum-Röhrenwattmeter. Gemessen wurde bei normalen atmosphärischen Bedingungen.

Bei der Auswertung ihrer Meßergebnisse, die an Drähten, Rohren und verseilten Leitern mit 3 bis 23 mm Dmr. bei 50 Hz gewonnen wurden, fanden die Verfasser das auf Grund des elektrischen Oberflächenfeldes aufgestellte Quadraturgesetz für den Verlauf der Koronaverluste bestätigt und ebenso den darin enthaltenen Wert für die kritische Durchbruchsfeldstärke $\mathfrak{E}_0 = 21{,}1$ kV/cm. Sie ermittelten die Konstante für Drähte und Rohre zu 108,9 und für verseilte Leiter mit einem Durchmesser von $\geqq$ 20 mm zu 91,0. Für letztere erhielten sie damit die empirische Formel

$$P = \frac{91}{\delta} C^2 (U - \delta\, m_0\, U_0)^2 \ \text{kW/km},$$

wobei δ die Luftdichte, m_0 der Seilfaktor mit 0,7 bis 0,8, U die aufgedrückte effektive Spannung in kV gegen Erde, $U_0 = \frac{21{,}1 \cdot r}{18 \cdot C}$ und C die Erdkapazität des Leiters $\frac{1}{18 \cdot \ln a/r}$ in µF/km ist. Dabei bedeutet a den mittleren Leiterabstand, r den Leiterhalbmesser. Diese Formel, die nur bei einer Frequenz von 50 Hz gilt, ist mit der von Peek aufgestellten identisch bei einem Verhältnis mittlerer Leiterabstand a/Leiterradius $r = 900$, das auch annähernd der Versuchsanordnung zugrunde gelegen hat ($a = 800$, $r = 1$). Dieses Verhältnis beträgt bei den üblichen Mastbildern und Seilquerschnitten etwa 500, wofür sich nach Peek etwas höhere Verluste errechnen würden. Die Übereinstimmung beider Formeln ist jedoch als gut zu bezeichnen.

Die von den Verfassern wie auch von Peek angegebenen Verlustformeln gelten erst von dem vollen Koronagradienten ab, der bei Beginn der sichtbaren Glimmanfangsspannung erreicht wird. Die dabei bereits auftretenden Verluste sind praktisch nicht mehr zulässig, so daß als Kriterium, ob eine Leitung keine oder noch zulässige Koronaverluste hat, das Verhältnis U/U_0 nicht herangezogen werden kann. Hierfür ist ein genaues Studium der Anfangsverluste erforderlich[2]). *U. MG.*

1) F. W. Peek, Dielectric Phenomena, New-York (1920).
2) U. Müller, ETZ 57 (1936) S. 825.

VERSCHIEDENES

BEKANNTMACHUNGEN

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker
(Eingetragener Verein)

Fernsprecher: 30 06 31 — Postscheckkonto: Berlin 213 12
Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00
Postscheckkonto der ETZ-Verlag GmbH.: Berlin 223 84

Errichtungsvorschriften I

Der Ausschuß für Errichtungsvorschriften I hatte in ETZ 61 (1940) Heft 50, Seite 1152 einen Entwurf zu Änderungen der ab 1. 1. 1930 gültigen Fassung von

VDE 0100 „Vorschriften nebst Ausführungsregeln für die Errichtung von Starkstromanlagen mit Betriebsspannungen unter 1000 V"

veröffentlicht. Die eingegangenen Einsprüche und Anregungen sind ordnungsmäßig behandelt worden und haben zu dem in ETZ 62 (1941) H. 14, S. 355 veröffentlichten Wortlaut geführt, der vom Vorsitzenden des VDE im Dezember 1940 genehmigt wurde und am 3. April 1941 in Kraft tritt.

Bahnwesen

Der Ausschuß für Bahnwesen hat einige Änderungen und Erweiterungen zu

VDE 0115 „Vorschriften nebst Ausführungsregeln für elektrische Bahnen"

bearbeitet, die als VDE 0115b/XII. 40 in ETZ 62 (1941) S. 354 veröffentlicht sind. Sie wurden vom Vorsitzenden des VDE im Dezember 1940 genehmigt und mit Wirkung ab 15. April 1941 in Kraft gesetzt.

In diesem Zusammenhang wird auf den auf S. 351 dieses Heftes veröffentlichten einführenden Aufsatz des Ausschußvorsitzenden, Herrn Oberreichsbahnrat Nibler, verwiesen.

Bergwerksanlagen

Der Ausschuß für Bergwerksanlagen hatte einen Entwurf zu Änderungen in

VDE 0118 „Vorschriften für die Errichtung elektrischer Anlagen in Bergwerken unter Tage (B. u. T.)"

aufgestellt, der in ETZ 61 (1940) H. 49, S. 1140 veröffentlicht worden ist.

Auf Grund der eingegangenen Einsprüche und Anregungen wurden Änderungen gegenüber dem Entwurf vorgenommen. Der endgültige Wortlaut, der in ETZ 62 (1941) H. 14, S. 355 veröffentlicht wurde, wurde vom Vorsitzenden des VDE im Dezember 1940 genehmigt und zum 3. April 1941 in Kraft gesetzt.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
Der Geschäftsführer
Viefhaus

Bezirk Berlin

vormals Elektrotechnischer Verein
(Gegründet 1879)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 I, VDE-Haus
Fernsprecher: 30 06 31

Fachversammlung

des Fachgebietes „Leitungen und Leitungsnetze"
Leiter: Oberingenieur Dipl.-Ing. H. Calliess VDE

Vortrag

des Herrn Dipl.-Ing. E. Bornitz VDE, Berlin, am Dienstag dem 8. April 1941, um 18[30], in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Hörsaal EB 301, über das Thema:

„Der Starkstrom-Kondensator zur Blindleistungserzeugung im Netz".

Inhaltsangabe:

Energiewirtschaftliche und technische Bedeutung. Netzverstärkung und Spannungsreglung in Nieder-, Mittel- und Höchstspannungsnetzen; Tarifkompensation und technisch-wirtschaftliche Anwendungen.

Verhalten im Normalbetrieb und bei Netzstörungen. Selbsterregung, Kurzschluß, Überspannungen, Erdschluß.

Oberwellenverhalten von Netz und Kondensatoren. Resonanz, Schutzschaltungen, Oberwellenentlastung.

Technisch-wirtschaftliche Anlagenplanung. Kompensations- und Regelarten, selbsttätige Steuerungen, Schalter und Regelschaltungen, Meß- und Schutzeinrichtungen.

Eintritt und Kleiderablage frei.

VDE Bezirk Berlin
vormals Elektrotechnischer Verein
Der Geschäftsführer
Burghoff

Sitzungskalender

VDE Bezirk Oberschlesien, Hindenburg. 3. 4. (Do), 17[45], Donnersmarckhütte: „Elektrischer Antrieb großer Kolbengasverdichter durch Asynchron- und Synchronmotoren" (m. Lichtb.). Prof. Dr.-Ing. E. Kübler VDE.

VDE Bezirk Ostpreußen, Königsberg. 7. 4. (Mo), 20[00], Inst. f. Experimentalphysik: „Über den Bau neuzeitlicher Schaltanlagen und Schaltwarte". Dir. G. Meiners.

VDE Bezirk Weser-Ems, Bremen. 8. 4. (Di), 18[30], „Glocke": „Entwicklungstendenzen des Rundfunks". Dr. Lübeck.

VDE Bezirk Westmark-Ost, Kaiserslautern. 10. 4. (Do), 19[30], Landesgewerbeanstalt: „Installationsgeräte in Industrie-Anlagen". Obering. C. Meinhardt.

PERSÖNLICHES

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten)

W. Heeschen †. — An den Folgen eines tragischen Unfalles verstarb am 1. 2. 1941 der Ingenieur Herr Werner Heeschen VDE vom Luftwaffen-Bauamt in Schleswig. Mit ihm haben nicht nur seine Kollegen und Freunde einen stets hilfsbereiten Kameraden verloren, sondern hat auch seine Dienststelle den Verlust eines ihrer langjährigsten und bewährtesten Mitarbeiter zu beklagen.



BUCHBESPRECHUNGEN

DK 621.39

Mitteilungen aus dem Reichspostzentralamt. Bd. 21, 1939. Mit zahlr. B. u. 310 S. im Format 210×297 mm. Alleinvertrieb durch den Verlag von Julius Springer, Berlin 1940. Preis kart. 8 RM.

Der Band umfaßt 44 Veröffentlichungen aus dem Gebiet des elektrischen Nachrichtenwesens, die in den Jahren 1938/40 im Schrifttum erschienen sind. Aus dem Bereich des Fernsprechübertragungswesens gibt H. Düll einen zusammenfassenden Überblick über die Entwicklung der niederfrequenten Verstärkereinrichtungen in den letzten Jahren. In einer weiteren Arbeit zeigt er, wie man durch eine Senkung der Restdämpfung für Fernleitungen zu einer zweckmäßigen und wirtschaftlichen Netzgestaltung im Selbstwählferndienst kommt. Ferner beschreibt er das deutsche Zwölfband-Trägerfrequenzsystem (U-System) und berichtet zusammen mit G. Bayer über die günstigen Erfahrungen mit dem deutschen Vierdraht-Zweibandsystem (L-System). Angaben über die Ausnutzbarkeit der älteren Fernkabel für das Zweibandfernsprechen bringt ein Bericht von Mittelstraß. P. Oehlen beschreibt ein Untersuchungsverfahren zur Ermittlung der betriebsmäßigen Rückflußdämpfung am Ende von Fernleitungen und erörtert die gemessenen Werte im Hinblick auf Echoerscheinungen und Pfeifsicherheit. Eine zweite Arbeit bringt Untersuchungen über die Störwirkungen von Echoresten in Vierdrahtleitungen mit Echosperren. Zwei Versuchsreihen führen zur Feststellung der kleinstzulässigen Echodämpfung in Abhängigkeit der Echolaufzeit. Einen Weg, die Bezugsdämpfung eines Übertragungssystems aus seiner Restdämpfungs- oder Frequenzkurve zu bestimmen, weist K. Braun; in einem Aufsatz über theoretische und experimentelle Untersuchung der Bezugsdämpfung und der Lautstärke schafft er eine Grundlage für die Ausbildung objektiv anzeigender Meßgeräte zur Bestimmung der Lautstärkeeindrücke von Frequenzgemischen im Ohr. In einer weiteren Veröffentlichung untersucht derselbe Verfasser die Kombinationsschwingungen der Membran eines Kohlemikrophons. Über den Einsatz des Aluminiums für die Herstellung von Fernmeldekabeln, und zwar sowohl als Leiter wie auch als Mantelwerkstoff, berichtet E. Burmeister. H. Klewe erörtert die vom Zwischenstaatlichen Beratenden Ausschuß für den Fernsprechverkehr herausgegebenen Leitsätze für den Schutz von Fernmeldeanlagen gegen die Beeinflussung durch Starkstromanlagen und gegen elektrolytische Anfressungen. Die Übertragungsverhältnisse von Freileitungen im Hinblick auf ihre Geeignetheit für den Hochfrequenzdrahtfunk sind von W. Waldow, W. Spang und W. Fritzsche untersucht worden. W. Klein zeigt die Möglichkeiten der Versorgung mehrerer Teilnehmer von einer Teilnehmerweiche her. Von ihm wird ferner die Drahtfunkanschaltdose beschrieben. An anderer Stelle führt er einiges über die Verteilung der Leistung im Drahtfunkverstärkeramt aus. H. Hinne behandelt die Drahtfunkamtsweiche, auch in bezug auf ihren Aufbau und ihren Einbau am Hauptverteiler der Vermittlungsstelle. Zur Durchführung von Untersuchungen und Messungen in Drahtfunknetzen wurde ein besonderer Meßwagen geschaffen, dessen umfangreiche Einrichtungen W. Spang erklärt. In welchem Ausmaß die Einführung des hochfrequenten Drahtfunks auf die Gestaltung und Technik der Fernsprechnetze und Amtseinrichtungen sowie auf den Telegraphenbau- und Pflegedienst zurückwirkt, erörtert W. Waldow. Die Bedeutung der Misch- und Umsteuerwähler für die wirtschaftliche Gestaltung von Wählnetzen, insbesondere für den Selbstwählferndienst, zeigt W. Zschiesche in einer Arbeit auf. W. Giesen gibt einen umfassenden Überblick über die Gebührengeräte im Fernsprechdienst. Auf dem Gebiet des Funkwesens berichtet A. Semm über den gegenwärtigen Stand der deutschen Rundfunksendertechnik. A. Gehrts und A. Semm zeigen dann insbesondere den Weg, der erfolgreich zu einer Steigerung der Ausgangsleistung von Großrundfunksendern geführt hat. An anderer Stelle berichten sie noch eingehend über die Stromversorgung der Rundfunksender, wo an Stelle der früher fast ausschließlich benutzten Maschinen jetzt Gleichrichter getreten sind. Aus der Empfangstechnik finden wir von R. Moebes zunächst eine Mitteilung über die Erfahrungen mit Gemeinschafts-Antennen-Anlagen und ihren Aufbau und an anderer Stelle über ihre Wirksamkeit zur Verminderung von Rundfunkstörungen durch Hochspannungsleitungen. Ferner wird die systematische Untersuchung und Beseitigung einer Rundfunkstörung durch besonders gelagerte Rückwirkung eines Quecksilberdampfgleichrichters beschrieben. Außerdem erörtert derselbe Verfasser die Forderung hinsichtlich der Trennschärfe von Rundfunkempfängern und die Verfahren zu ihrer Messung und gibt schließlich eine Beschreibung des Volksempfängers und des Deutschen Kleinempfängers mit Untersuchungsergebnissen ihrer wichtigsten Eigenschaften. Aus der Rundfunkentstörungstechnik zeigt M. Kreuzritter noch, daß die Entstörung von Aufzugsanlagen mit Gleichstrombetrieb nicht mit einer Gefährdung der Anlagen durch die eingebauten Störschutzmittel verbunden ist. Von W. Scholz und G. Faust werden Versuche mit dem Ziel, eine Ultrakurzwellen-Entstörung der elektrischen Zündfunkenanlagen von Kraftfahrzeugen beschrieben. Die Funkfernsprechanlagen für den Dienst zwischen Landfunkstellen und Eisbrechern behandeln W. Hahn und P. Friedrich. Ein Überwachungsgestell zur Beobachtung der Übertragung in Funkfernsprechverbindungen an der Übergangsstelle vom Funk- zum Drahtweg beschreiben sehr eingehend P. Barkow und W. Künzel. Einen Überblick über den Gesamtaufbau der Großen Deutschen Rundfunkausstellung Berlin 1938 gibt F. Einbeck. G. Goebel berichtet besonders über die dort gezeigte Sonderschau „Der Weg der Sendung", die unter Führung der Deutschen Reichspost in Zusammenarbeit mit der Reichsrundfunkkammer und der Industrie aufgebaut worden war. In einer ausführlichen Abhandlung über die Bildfunkanlagen der Deutschen Reichspost geht E. Hudec auf die Schaltung und Wirkungsweise der Sende- und Empfangseinrichtungen ein. In einer anderen Arbeit zeigt er, daß mit Hilfe des sogenannten Impulsverfahrens ein einwandfreier Druckempfang über den Funkweg möglich ist. Wie die so erhaltenen Funkwege für einen Fernschreibdienst aus dem Leitungs-Fernschreibnetz mit Springschreiber verwendet werden können, beantwortet er an anderer Stelle dieser Mitteilungen. Vom Fernsehen erörtert A. Gehrts die Aufgaben, die vor der Einführung des Fernsehrundfunks zu bewältigen waren. Schließlich gibt er einen Überblick über die Entwicklung des Fernsehdienstes der Deutschen Reichspost und betrachtet den deutschen Einheits-Fernsehempfänger technisch und in seiner Bedeutung für den allgemeinen Fernsehrundfunk. Die Fortschritte in der Technik der Telegraphenrelais zeigt F. Schiweck auf. Derselbe Verfasser beschreibt ferner zusammen mit R. Weilbach ein neues Prüfgerät für Telegraphenrelais. Es handelt sich um eine stroboskopische Meßeinrichtung mit Glimmlampen, die eine genaue Messung der Relaiszeitwerte ermöglicht. Die Trockengleichrichter in Stromversorgungsanlagen behandelt B. Stange. Die Erfahrungen haben noch keine Entscheidung der Frage Kupferoxydul- oder Selengleichrichter herbeigeführt. A. Mattern

EINGÄNGE

[Ausführliche Besprechungen vorbehalten]

Bücher

Jahrbuch für das Elektrohandwerk 1941. Bearb. von der Schriftleitung der Verbandszeitschrift „Das deutsche Elektrohandwerk". Mit zahlr. B. u. 402 S. im Format A 6. Verlag H. W. Fischer & Co., Frankfurt a. M. Preis geb. 4,50 RM.

[Die Ausgabe 1940 des Jahrbuches sollte ein Nachschlagebuch der wichtigsten Verordnungen und Bestimmungen für das Elektrohandwerk sein. Gegenüber diesem Zweck trat damals der technische Teil des Buches zurück. In der jetzt vorliegenden Ausgabe 1941 ist der technische Teil wesentlich erweitert, umgestaltet und ausgebaut worden. Er umfaßt in übersichtlicher Weise fast alle Gebiete, mit denen der Elektrohandwerker zu tun hat. Auf die VDE-Bestimmungen wird in den einzelnen Abschnitten weitgehend verwiesen. Der technische Teil umfaßt u. a. Leitungsberechnungen, Lichttechnik, Wärmetechnik, Kältetechnik, Wasserversorgung und Lüftung, Kraftanlagen, Werkzeuge, Installationstechnik, Meßgeräte, Schutzmaßnahmen gegen zu hohe Berührungsspannung und Rundfunk. Die für das Elektrohandwerk wichtigen Angaben sind in Tafeln zusammengestellt.] *A. My.*

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Marinebaurat R. Herbst VDE, Kiel, Ravensberg 1
Oberreichsbahnrat H. Nibler VDE, München 23, Destouches-Str. 14
Dr.-Ing. H. Ziegler VDE, Selb i. B., Wilhelmstr. 17

Abschluß des Heftes: 28. März 1941

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE (z. Z. im Felde)
G. H. Winkler VDE (z. Z. im Felde)
H. Hasse VDE und R. Henrichs VDE

Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

62. Jahrgang | Berlin, 10. April 1941 | Heft 15

Neue Wege in der Auswahl der Isolation auf Grund der Beanspruchung im Betrieb

Von W. Estorff VDE, Berlin

DK 621.311.048

Übersicht*). Die heute in Deutschland gebräuchliche Isolationsbemessung ist das Endergebnis von Erfahrungen und hat sich in jahrzehntelangem Betrieb bewährt. Bisher ist es jedoch nicht gelungen, das so gewonnene Isoliervermögen der einzelnen Anlagenteile in eine befriedigende Beziehung zu den Spannungsbeanspruchungen der Anlage im Betriebe zu bringen. Die folgenden Betrachtungen sind als erster Versuch zu werten, die Isolationsbemessung nach technisch-wirtschaftlichen Gesichtspunkten aufzubauen.

Einleitung

Die Bemessung der Isolation einer elektrischen Hochspannungsanlage stellt die Aufgabe dar, mit einem möglichst geringen Aufwand an Baustoff eine zufriedenstellende Betriebssicherheit der Anlage zu erreichen. Das technisch-wirtschaftliche Gepräge dieser Aufgabe und ihre inneren Zusammenhänge deutet Bild 1 an. Über dem Isolationsaufwand sind die Störungshäufigkeit als eine Erfahrungszahl und die Anlagekosten als Schaulinien aufgetragen. Das Bild bezieht sich auf einen Abzweig einer 110 kV-Anlage nebst Gebäude und sämtlichem Zubehör, wie Wandler, Relais u. a., aber ohne Transformator, wobei Isolationsaufwand, Kosten und Störhäufigkeit für die heute übliche Ausführungsart als Bezugseinheit angenommen wurden. Mit vermehrtem Isolationsaufwand, z. B. Ausrüstung des 110 kV-Abzweiges mit 220 kV-Geräten, sinkt zwar die mutmaßliche Zahl der Störungen, aber der Betrieb wird wegen der erhöhten Anlagekosten unwirtschaftlich. Bei vermindertem Isolationsaufwand, z. B. Ausrüstung des 110 kV-Abzweiges mit 80 kV-Geräten, steigt dagegen die Zahl der Störungen auf ein Mehrfaches des Einheitswertes an, bis bei Verwendung der Reihe 60 ein geordneter Betrieb wegen der großen Zahl der Störungen nicht mehr möglich ist. Die Isolationsbemessung wurde in Deutschland bei Entwicklungsbeginn in ähnlicher Weise, wie eben geschildert, durch vorsichtiges Tasten vorgenommen, bis die im Betrieb gemachten Erfahrungen zuverlässige Anhaltspunkte für die Weiterentwicklung gaben. Man erkannte dabei frühzeitig die Vorteile, die eine einheitliche Regelung dieser Frage für Hersteller und Verbraucher bringen mußte, und legte im Jahre 1914 in den Leitsätzen und späteren Regeln für Wechselstrom-Hochspannungsgeräte einen der Grundsteine, der die Weiterentwicklung der Isolationsbemessung der einzelnen Anlagenteile entscheidend beeinflußte. Diese Grundsätze sind in einem nunmehr fast drei Jahrzehnte dauernden umfassenden Großversuch[1]) im praktischen Betrieb erprobt worden und brauchten während dieser Zeitspanne nur geringfügige Berichtigungen zu erfahren. Unter diesen Umständen könnte eine weitere Behandlung dieser Zusammenhänge wenig nutzbringend, vielleicht sogar überflüssig, erscheinen. Wenn auf diese Frage in den folgenden Ausführungen dennoch näher eingegangen wird, so sind hierfür zwei Gründe maßgebend: Es ist notwendig, die bisherigen empirischen Grundlagen durch technisch-wirtschaftliche zu ersetzen und dabei nachzuprüfen, ob und wo bei der Normung ein zu hoher Isolationsaufwand festgelegt wurde, der von der natürlichen Auswahl nicht erfaßt werden konnte und seitdem als Ballast mitgeschleppt wird.

Bild 1. Störungshäufigkeit und Kosten einer Hochspannungsanlage für 110 kV bei verschiedenem Isolationsaufwand.

1. Entwicklung der Isolationsbemessung in den V. S. Amerika

Im Rahmen dieser Untersuchung soll zunächst die jüngste Entwicklung der Isolationsbemessung in den V. S. Amerika betrachtet werden. Die Koordination, das Angleichen oder Abstimmen der Isolation, das wir im vorstehenden Isolationsbemessung nannten, wird in der amerikanischen Fachpresse seit rund 10 Jahren laufend erörtert. Die großen klimatischen Unterschiede, die das von den Subtropen bis zum Polarkreis sich erstreckende Land aufweist, lassen es verständlich erscheinen, daß eine Normung der Isolation bis dahin schwer durchführbar erschien und erst heute in die Tat umgesetzt wird. Als Grundlage hierfür dienten in erster Linie, wie einst bei uns, die an fertigen Anlagen gesammelten Betriebserfahrungen. Durch die Fortschritte der Meßtechnik mit Stoßwellen führte man Mindestwerte der 50 %-Stoßüberschlagspannung und neuerdings bestimmte Werte einer Vollwellen-Stoßprüfspannung ein, denen die einzelnen so-

*) Nach einem Vortrag, gehalten im VDE Bezirk Berlin am 29. Oktober 1940.

1) Das in der deutschen Elektrizitätswirtschaft bisher angelegte Kapital beläuft sich heute auf rd. 10 Mrd RM. Elektrizitätswirtsch. 36 (1937) S. 185.



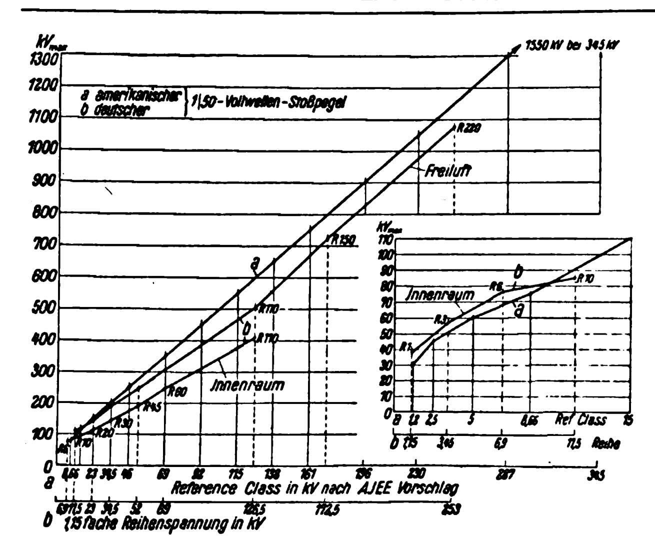


Bild 2. Amerikanischer und deutscher 1|50-Vollwellen-Stoßpegel; deutsche Werte nach VDE 0670/1940, Tafel VII minus 5%.

genannten Bezugsklassen der Isolation entsprechen müssen. Man hat damit in Amerika die Isolationsabstufung auf einem dem Gewitter nachgehamten Stoßvorgang mit der Welle 1,5|40 μs aufgebaut. Daneben wird gefordert, daß dieser Stoßisolationspegel mit ausreichendem Überschuß über dem von neuzeitlichen Überspannungsableitern gewährleisteten Schutzpegel liegt, wobei ein Ableitstoßstrom von 5000 A zugrundegelegt wird. Die Meinungen in Amerika sind noch geteilt, ob es zweckmäßiger ist, den einzelnen Pegelwerten bestimmte Nennspannungen zuzuordnen oder je nach den Anforderungen des Einzelfalles die Wahl einer höheren oder niedrigeren Bezugsklasse freizustellen. Dies ist in den V. S. Amerika leichter möglich als bei uns, weil unseren 12 Stufen der Spannungsreihen[2]) dort 18 Stufen der Bezugsklassen[3]) gegenüberstehen. In Deutschland hat man es vorgezogen, die Herstellung durch Verminderung der Typenzahl wirtschaftlicher zu gestalten und dafür auf die feinere Anpassung zu verzichten.

In Bild 2 ist der neue, 1939 für die Normung durch das American Institute of Electrical Engineers vorgeschlagene Grundisolationspegel den unserer VDE-Normung entsprechenden Werten für Hochspannungsgeräte gegenübergestellt. Die Werte der Vollwellenstoßprüfspannung wurden hierbei 5 % unterhalb der VDE-50 %-Stoßüberschlagspannung in positiver Polarität liegend angenommen. Man erkennt, daß die deutschen Werte für Freiluftgeräte bis zu 16 %, für Innenraumgeräte sogar bis zu 32 % unterhalb der vorgeschlagenen amerikanischen Richtwerte liegen. Dagegen liegen im untersten Bereich der Nennspannungen von 1 bis 10 kV auffälligerweise die deutschen Werte bis zu 27 % oberhalb der amerikanischen. Es wird darauf verzichtet, an dieser Stelle auf die möglichen Ursachen der Verschiedenheit dieser Entwicklung einzugehen. Zum Teil dürfte sie in dem anders gearteten Verhalten der Netze mit starrer Erdung gegenüber solchen mit Erdschlußlöschung begründet sein. Auf die recht reichliche Bemessung der VDE-Reihen 1 bis 10 ist bereits an anderer Stelle hingewiesen worden[4]).

2. Unterschiede des elektrischen Verhaltens von Anlagenteilen bei Stoßbeanspruchung und bei 50 Hz

Stellt man die Werte der 50%-Stoßüberschlagspannungen der einzelnen Teile deutscher Hochspannungsanlagen, z. B. für 30 und 110 kV Nennspannung für positive und negative Polarität einander gegenüber (Bild 3), so erhält man stark gestufte Treppenkurven und gewinnt

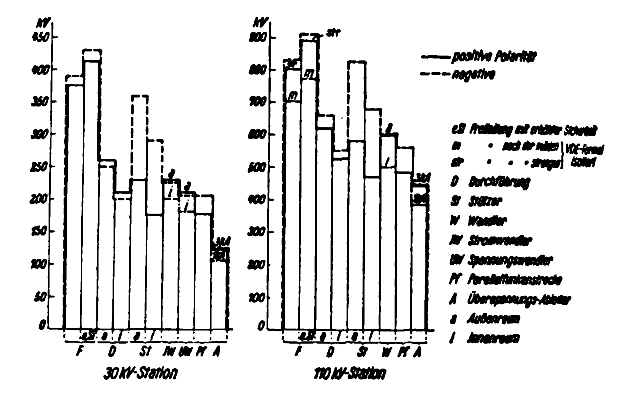


Bild 3. 50%-Stoßüberschlagspannungen deutscher Hochspannungsanlagen.

zunächst den Eindruck einer erheblichen Uneinheitlichkeit. Nur die Erinnerung daran, daß durch die natürliche Auswahl einer langjährigen Entwicklung im Betriebe die einzelnen Anlagenteile gewissermaßen zu Gliedern einer Kette von gleicher Festigkeit wurden, hindert uns daran, vorschnelle Berichtigungen an diesen Treppenkurven vorzunehmen. Tatsächlich sind diese Unterschiede der Stoßüberschlagspannungen der Freileitungsisolatoren, Durchführungen, Stützer, Wandler usw. in der verschiedenen Ausbildung ihres elektrischen Feldes und dem physikalischen Verhalten gasförmiger, flüssiger und fester Isolierstoffe bei Stoßbeanspruchung wohl begründet.

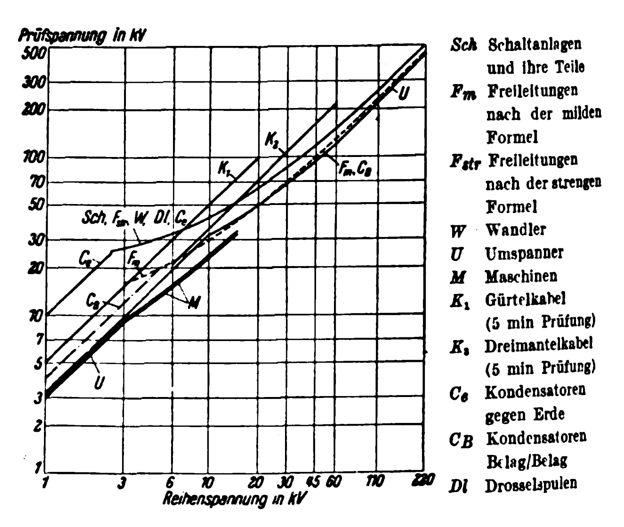
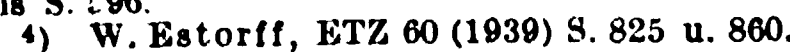


Bild 4. 50 Hz-Prüfspannungen der Teile von Hochspannungsanlagen nach VDE-Vorschriften.

Bild 4 zeigt eine Gegenüberstellung der vom VDE festgelegten 50 Hz-Prüfspannungen der einzelnen Anlageteile für Nennspannungen von 1 bis 220 kV zum Aufstellen in Innenräumen und im Freien in doppelt-logarithmischem Maßstab, um die starken Unterschiede der Prüfspannungen bei den unteren Spannungsreihen deutlich hervortreten zu lassen. Während es die Aufgabe der Stoßspannungsprüfung ist, den Nachweis gewisser kennzeichnender Eigenschaften der Anlagenteile gegenüber gewitterähnlichen Beanspruchungen zu führen, dient die Prüfung mit Wechselspannung von Betriebsfrequenz vornehmlich dazu, Werkstoff-, Herstellungs- und Bemessungsfehler kenntlich zu machen und fehlerhafte Erzeugnisse von der Lieferung auszuschließen. Auch diese Schaulinien der Prüfspannungen über der Nennspannung lassen in ihrem Aufbau die äußere Einheitlichkeit vermissen. Am höchsten liegen die Prüfspannungen der Hochspannungsgeräte, bei denen in der Hauptsache die atmosphärische Luft der Träger der elektrischen Beanspruchung ist, am tiefsten die der Maschinen und Kon-



[2]) ETZ 61 (1940) S. 167.
[3]) C. A. Powel u. Ph. Sporn, Electr. Engng. 59 (1940) Transactions S. 196.
[4]) W. Estorff, ETZ 60 (1939) S. 825 u. 860.

densatoren mit getränkten festen Isolierstoffen, bei denen die durch elektrische Verluste erzeugte Wärme für den Durchschlag maßgebend ist. Ähnlich wie bei der Stoßspannungsprüfung gibt auch hier das physikalische Verhalten der Isolierstoffe verschiedenen Aggregatzustandes bei der Wechselspannungsprüfung die Rechtfertigung für die unterschiedliche Höhe der ihnen zugeordneten Prüfspannungen. Willkürliche Änderungen der bisher erprobten Prüfspannungswerte würden u. U. zu Beschädigungen der Isolation führen oder einen höheren Isolationsaufwand bedingen, als durch die Tatsachen wirtschaftlich gerechtfertigt ist.

Bild 5 zeigt das Muster einer Gegenüberstellung der Vollwellen-Stoßprüfspannungen und 60 Hz-Wechselprüfspannungen der einzelnen Teile amerikanischer Hochspannungsanlagen für 4, 12 und 138 kV, deren Auswahl auf dem Stoßpegel aufgebaut ist[5]). Stoßpegel wird hierbei der niedrigste Wert der Vollwellen-Stoßprüfspannung der verschiedenen Anlagenteile genannt. Die Unterschiede in der Höhe der Stoßspannungswerte sind mit denen in Bild 3 bei deutschen 30 kV- und 110 kV-Anlagen vergleichbar; ebenso sind ähnliche Unterschiede in der Höhe der amerikanischen Prüfspannungen feststellbar wie in Deutschland.

Die Bilder 3, 4 und 5 zeigen, daß die im praktischen Betrieb als gleich stark erwiesenen Anlagenteile sowohl im Lichte der Stoßspannungsbeanspruchung als auch der 50 Hz-Wechselspannungsbeanspruchung ein völlig voneinander abweichendes Verhalten zeigen, das beide Beanspruchungsarten als Grundlage für die Auswahl der Isolation wenig geeignet erscheinen läßt. Die Bedeutung und Notwendigkeit der Stoßprüfung an sich wird durch diese Feststellung in keiner Weise verkleinert. Darüber hinaus ist vielmehr auch die Kenntnis der Stoßkennlinien der Anlagenteile erwünscht.

3. Ursachen des verschiedenartigen Verhaltens der Isolation

Tatsächlich treten Überspannungen mit Betriebsfrequenz in Höhe der Prüfspannung niemals oder nur in seltenen Sonderfällen in der Anlage auf, während von außen her eindringende Stoßspannungen durch geeignete Schutzmaßnahmen und Überspannungsableiter auf Werte unterhalb der Stoßüberschlagspannung der Anlagenisolation begrenzt werden können, um Betriebsstörungen durch nachfolgende Lichtbogenüberschläge auszuschließen. Es bleibt als wesentlichste und häufigste Art der Beanspruchung der Isolation die durch mittelfrequente innere Überspannungen hervorgerufene übrig, der die Isolation der Anlage standhalten muß, ohne Schaden zu erleiden.

[5]) J. H. Foote u. J. R. North, Coordination with Basic Levels. Electr. Engng. 59 (1940) Transactions S. 585.

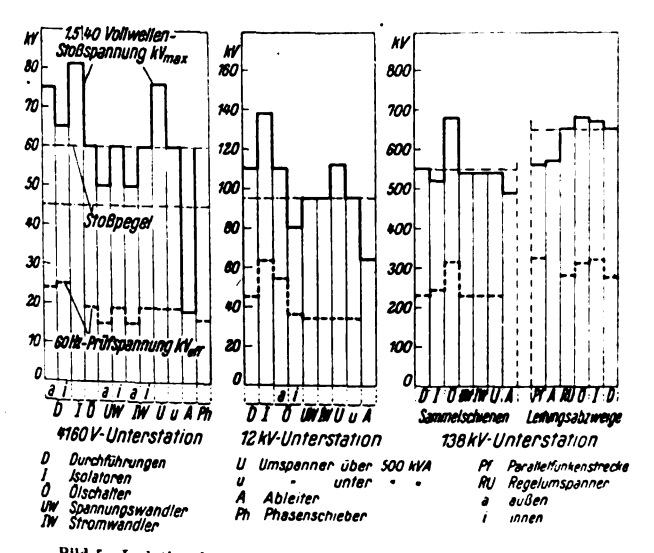


Bild 5. Isolationsbemessung von Hochspannungsanlagen in den V. S. Amerika.

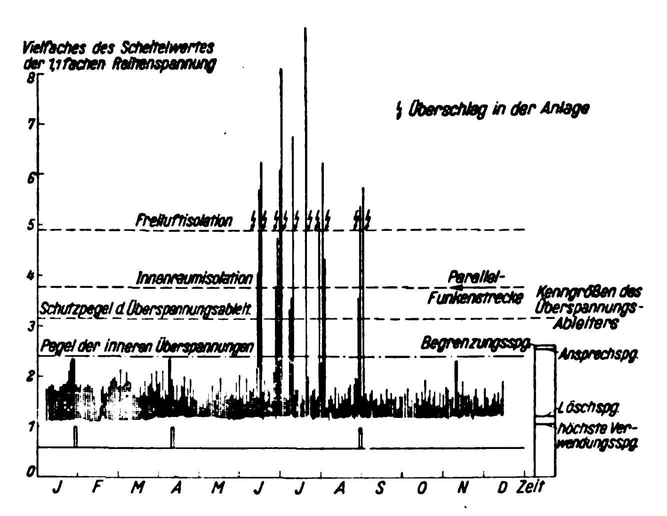


Bild 6. Stoßisolationspegel, Schutzpegel und Pegel der inneren Überspannungen einer Hochspannungsanlage Reihe 30.

Bild 6 gibt einen Überblick über die Höhe der im Laufe eines Jahres auftretenden Überspannungen in einer 30 kV-Anlage. Die normale Spannung, mit der die Isolation an der Erzeugungsstelle gegen Erde beansprucht wird, beträgt $\frac{1{,}1\,U_n}{\sqrt{3}}$ und im Falle eines Erdschlusses $1{,}1 \cdot U_n$. Jede Zustandsänderung in der Anlage, die durch Schalthandlungen oder -vorgänge hervorgerufen wird, ist von einem Ausgleichsvorgang begleitet, der eine Spannungserhöhung bis etwa zur doppelten Spannung zwischen den Leitern mit sich bringen kann. Die höchsten Überspannungen werden beim Abschalten leerlaufender Leitungen und Transformatoren und bei aussetzenden Erdschlüssen beobachtet und erreichen etwa den 2,5fachen Wert der Erzeugerspannung gegen Erde. Die inneren Überspannungen verteilen sich entsprechend dem Betrieb ziemlich gleichmäßig über die Monate des Jahres. In den Sommermonaten treten zu den „inneren“, aus dem Betriebe der Anlage selbst herrührenden Überspannungen die aus der Atmosphäre stammenden „äußeren“ Überspannungen durch Blitzeinschläge in die Leitung selbst, in ihre Erdseile und Masten oder in deren Nähe. Blitzeinschläge in die Leitungen führen zu Überschlägen über die dem Spannfeld benachbarten Isolatoren, wobei kurze, abgeschnittete Keilwellen auf der Leitung weiterwandern, hierbei jedoch schnell an Höhe und Steilheit verlieren. Der Scheitelwert der Blitzüberspannungen, die in die Stationen eindringen, kann ein Mehrfaches desjenigen der Erzeugerspannung betragen und Betriebsunterbrechungen durch Einleiten von Lichtbogenüberschlägen herbeiführen, sobald hierbei der Isolationsstoßpegel der Anlage überschritten wird. Blitzschläge in die Leitung in nächster Nähe der Station haben wesentlich höhere Überspannungen zur Folge, sind aber verhältnismäßig selten. Parallelfunkenstrecken als schwache Stellen erlauben, solche Überschläge in der Anlage auf vorher ausgewählte Punkte zu beschränken, ohne daß das Bild der Störung sich im übrigen ändert. Einpolige Erdschlußlichtbögen werden in Anlagen mit Erdschlußkompensation schnell gelöscht, während zwei- oder dreipolige Lichtbögen nach Erde Kurzschlüsse herbeiführen, die aber von den zuständigen Leistungsschaltern ohne Betriebsunterbrechung abgeschaltet werden, sobald diese besonders zur Kurzschlußlöschung ausgebildet sind.

Zur Bekämpfung der Gewitterüberspannungen dient der Überspannungsableiter, der die Höhe der Überspannungen auf einen Wert unterhalb des Stoßisolationspegels der Anlage begrenzt und den über seinen



Widerstandsblock nachfolgenden Betriebsstrom selbsttätig löscht. Das Bestreben, die Begrenzungsspannung des Ableiters möglichst tief zu legen, findet eine natürliche Grenze; seine Ansprechspannung muß nämlich, wie in Bild 6 angedeutet, so hoch gelegt werden, daß er keinesfalls die aussetzenden Erdschlußüberspannungen mit erfaßt, da diese ihn in kürzester Frist thermisch überlasten und zerstören würden. Da die gleiche Forderung sinngemäß auch auf die amerikanischen Ableiter zutrifft, so erscheint die annähernde Übereinstimmung der amerikanischen und deutschen Isolationsbemessung nicht mehr als zufälliges Zusammentreffen, sondern gesetzmäßig bedingt. Man kann behaupten, daß sowohl in Deutschland als auch in Amerika der Schutzpegel der Ableiter und der Isolationsstoßpegel der Anlage sich letzten Endes auf dem Störpegel der inneren Überspannungen aufbauen. An anderer Stelle[6]) wurde bereits darauf hingewiesen, daß die Isolation der Anlage so bemessen sein muß, daß sie den Beanspruchungen durch die inneren Überspannungen einwandfrei standhält. Werden neben dem Überspannungsableiter Parallelfunkenstrecken zum zusätzlichen Schutz der Transformatoren verwendet, so muß der Ableiter so bemessen sein, daß seine Begrenzungsspannung unterhalb der Ansprechspannung der Parallelfunkenstrecken liegt.

4. Elektrisches Verhalten der Isolation bei Beanspruchung durch innere Überspannungen der Anlage

Bild 7 gibt die drei verschiedenen Formen der Spannungskurve wieder, welche die Isolation der Anlage beanspruchen. Die Gewitterüberspannung ist durch eine

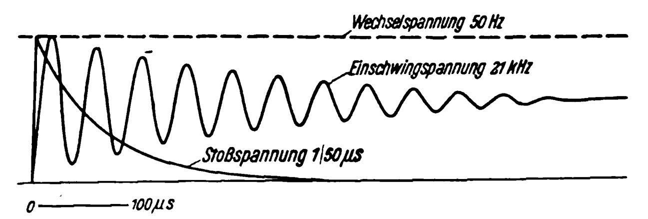


Bild 7. Stoßspannung, Einschwingspannung und Wechselspannung in gleichem Zeitmaßstab.

Stoßwelle 1|50 µs nachgeahmt. Der Einschwingvorgang der Spannung ist in der dargestellten Kurve mit einer inneren Überspannung verknüpft. Hierbei wurde aus der Fülle der Möglichkeiten hinsichtlich Amplitude, Schwingungszahl und Dämpfung ein bestimmter Fall als Beispiel herausgegriffen. Die überlagerte Frequenz beträgt 21 kHz, das Dämpfungsverhältnis ist 1,09. Das gleiche Bild enthält ein kurzes Stück der Grundwelle von 50 Hz, das mit gleicher Amplitude und im gleichen Zeitmaßstabe aufgetragen ist.

Wenn unsere Auffassung zu Recht besteht, daß die Höhe der inneren Überspannungen im wesentlichen den erforderlichen Aufwand bei der Isolationsbemessung der Anlage bestimmt, so ist zu erwarten, daß die einzelnen Anlagenteile, mit dieser Spannungsart beansprucht, dasselbe gleichartige Verhalten aufweisen, wie im praktischen Betrieb der Anlage, wo sie Glieder einer Kette sind, die alle gleiche Festigkeit aufweisen. Wir haben uns deshalb für die Zukunft die Aufgabe gestellt, durch Versuche nachzuprüfen, wieweit diese Auffassung berechtigt ist. Der Gedanke, einzelne Anlagenteile Einschwingvorgängen mittlerer Frequenz auszusetzen, ist zu anderem Zweck schon seit Jahren bei Maschinen und Transformatoren in der Sprungwellenprüfung in die Tat umgesetzt worden, um nämlich den Nachweis eines bestimmten Isoliervermögens der Wicklungen von Windung zu Windung zu erbringen.

Die Ursachen für die offenkundigen Unterschiede in der Höhe der Isolation der einzelnen Anlagenteile bei Stoß und 50 Hz liegen jedoch noch tiefer. Einzelne Teile der Anlagen sind den Einflüssen der Atmosphäre, Regen, Tau, Nebel, Staub und Eis ausgesetzt, wodurch sie im Laufe der Zeit eine Minderung des Isoliervermögens ihrer Oberfläche erfahren, während andere Isolierteile diesen Einflüssen entzogen sind, dafür aber im Laufe der Jahre einer stetig fortschreitenden Alterung unterliegen. Die Vorschriften für Transformatoren und Maschinen tragen z. B. dieser Alterung durch Zuordnen einer bis um 20 bis 30 % verminderten Prüfspannung für ausgebesserte Wicklungen äußerlich Rechnung[7]). Alle Freiluftisolatoren erfahren eine Minderung ihres Isoliervermögens, sobald Verschmutzung und Tau oder Nebel gleichzeitig auftreten[8]). Aber auch die Wicklungen offener Maschinen zeigen in staubigen Betrieben beim Auftreten von Tauniederschlägen aus feuchter Luft ein beträchtlich verringertes Isoliervermögen; ihr Verhalten gleicht etwa dem der Wanddurchführungen.

5. Anregung zum Abgleich der VDE-Vorschriften für verschiedene Anlagenteile im Gebiete von 1 bis 10 kV

Wir kehren nun zum zweiten Punkt der eingangs gestellten Aufgabe zurück, die in Deutschland übliche Isolationsbemessung daraufhin zu überprüfen, ob bei der erstmaligen Normung im Jahre 1914 an einer Stelle ein unberechtigter Mehraufwand in dem Vorschriftenwerk festgelegt wurde, der technisch und wirtschaftlich nicht begründet ist und von der natürlichen Auswahl nicht erfaßt werden konnte. Die Weiterentwicklung der Hochspannungstechnik in den letzten drei Jahrzehnten unterstreicht die Berechtigung hierzu. Untersuchungen an anderer Stelle[9]) hatten es bereits nahegelegt, die Schlagweiten der Hochspannungsgeräte für 1 bis 10 kV zu verkleinern, ohne daß bisher hieraus Nutzen gezogen wurde. Tatsächlich genügt ein Blick in das Vorschriftenwerk des VDE, um sich von dem Sachverhalt zu überzeugen. Bild 8

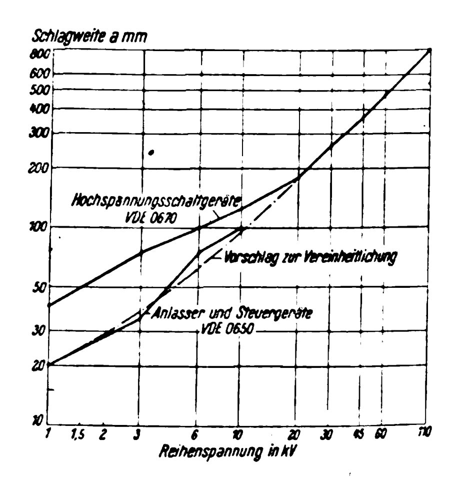


Bild 8. VDE-Schlagweiten für die Spannungsreihen 1 bis 10 kV.

gibt, der besseren Übersicht halber in der Ordinate in logarithmischem Maßstabe aufgetragen, eine Gegenüberstellung der Schlagweiten, welche die Regeln für Hochspannungsgeräte VDE 0670 und für Anlasser und Steuergeräte VDE 0650 vorschreiben. Für die Nennspannung von 1 kV fordern die Regeln für Hochspannungsgeräte mit 40 mm gerade doppelt soviel Schlagweite wie die Regeln für Anlasser und Steuergeräte. Die Überbemessung der Isolation der Hochspannungsgeräte macht sich im Gebiet von 1 bis 10 kV deutlich bemerkbar. Es liegt aber kein triftiger Grund vor, Leistungsschalter stärker zu isolieren

6) ETZ 60 (1939) S. 825 u. 860.

7) VDE 0532, § 47; VDE 0530, § 50.

8) VDE 0448 Leitsätze für die Nebel- und Verschmutzungsprüfung von Freiluft-Hochspannungsisolatoren. ETZ 60 (1939) S. 1135. — W. Estorff u. W. Weber, Nebelisolatoren für Freiluftschaltanlagen. ETZ 61 (1940) S. 645 u. 669.

9) Siehe Fußnote 4.



als die dahinter liegenden Steuergeräte und Anlasser für Fördermaschinen. Hätten sich die Anlasser im Betrieb mit ihren kleineren Schlagweiten nicht bewährt, so wären sie durch die natürliche Auswahl als zu schwache Glieder ausgemerzt und durch stärkere ersetzt worden. Dagegen lag von seiten des Betriebes selbst kein Grund vor, die reichlicher bemessene Isolation der Leistungsschalter herabzusetzen. Die Bemessung der Schlagweiten der Anlasser und Steuergeräte, der Schaltgeräte und der Geräte auf Bahnfahrzeugen befindet sich im Augenblick im Zustand der Neuordnung. An dieser Stelle sei angeregt, eine einheitliche Behandlung der Frage vorzunehmen, die auch die Hochspannungsgeräte umfaßt. Schon heute kann eine Ermäßigung der Schlagweiten im Gebiete von 1 bis 10 kV im Sinne der strichpunktiert eingetragenen Linie in Bild 8 als durchaus möglich angesehen werden. Bild 2 zeigte bereits, daß im Vergleich zum amerikanischen Stoßisolationspegel der deutsche im unteren Bereich von 1 bis 10 kV unbegründet hoch liegt. Die Ersparnisse, die sich durch eine Verringerung der Geräteschlagweiten erzielen lassen, dürften sich zwar auf Geräte und Schaltanlagen beschränken, aber durch die große Zahl der in Betracht kommenden Anlagen ins Gewicht fallen.

(Schluß folgt)

Über den Scheinwiderstand von Leitungen mit periodisch verteilten Unregelmäßigkeiten

(Mitteilung der Norddeutsche Seekabelwerke AG.)

Von C. Traugott †*)

DK 621.315.2 : 537.311.6

Übersicht. Die besonderen Gesetzmäßigkeiten sollen abgeleitet werden, die für die Frequenzabhängigkeit des Wellenwiderstandes eintreten, wenn auf einer Leitung periodische Unregelmäßigkeiten des Wellenwiderstandes vorhanden sind. Anlaß zu dieser Untersuchung gaben die Kennlinien von Krarupseekabeln, die in Werktanks eingelagert waren.

Es ist bekannt, daß einzelne Abweichungen der elektrischen Eigenschaften einer Leitung von ihrem Normalwert sich bei der Messung des Scheinwiderstandes bemerkbar machen. Die an der Stoßstelle erzeugten Reflexionen bewirken Schwankungen im Eingangswiderstand der Leitung, und zwar treten diese Schwankungen in der Darstellung des Scheinwiderstandes als Funktion der Meßfrequenz in regelmäßigen Abständen auf, welche in unmittelbarer Beziehung zur räumlichen Entfernung der Stoßstelle vom Meßende stehen und deshalb zur Ortsbestimmung der Stoßstelle benutzt werden.

Diese bekannten Beziehungen seien zunächst für den einfachsten Fall einer Stoßstelle am fernen Ende, d. h. z. B. bei leerlaufender Leitung, kurz erörtert.

Aus den Gleichungen

$$U_a = U_e \operatorname{Cof} \gamma l + I_e Z_0 \operatorname{Sin} \gamma l$$
$$I_a = I_e \operatorname{Cof} \gamma l + \frac{U_e}{Z_0} \operatorname{Sin} \gamma l \qquad (1)$$

folgt bei $I_e = 0$ als Ausdruck für den Leerlaufwiderstand

$$W_l = Z_0 \operatorname{Ctg} \gamma l. \qquad (2)$$

Zerlegen wir die Winkelfunktion $\operatorname{Ctg} \gamma l$ in ihre reellen und imaginären Bestandteile, so erhalten wir:

$$W_l = Z_0 \left[\frac{\operatorname{Sin} 2\beta l}{\operatorname{Cof} 2\beta l - \cos 2\alpha l} - j \frac{\sin 2\alpha l}{\operatorname{Cof} 2\beta l - \cos 2\alpha l} \right]. \qquad (3)$$

Sieht man von der Frequenzabhängigkeit der Dämpfung ab, so ergibt sich für den reellen Teil des Ausdrucks ein periodischer Verlauf, und zwar hat der erste Quotient Höchstwerte für $2\alpha l = 0,\ 2\pi,\ 4\pi \ldots$, und Kleinstwerte für $2\alpha l = \pi,\ 3\pi,\ 5\pi \ldots$

In der Darstellung des reellen Teils von W_l als Funktion der Meßfrequenz entspricht also der Abstand zwischen zwei Höchstwerten einer Phasendrehung um 2π, d. h. es ist

für $\omega = \omega_1 \quad 2\alpha_1 l = n\pi$

$\omega = \omega_2 \quad 2\alpha_2 l = (n+2)\pi$,

also

$$2(\alpha_2 - \alpha_1) l = 2\pi$$

oder

$$l = \frac{\pi}{\alpha_2 - \alpha_1} \approx \frac{\pi}{\Delta\omega \sqrt{LC}} \qquad (4)$$

für homogene Leitungen. Diese bekannte Gleichung für die Ortsbestimmung einer Stoßstelle bringt also die Entfernung l bis zur Stoßstelle in Beziehung zum Frequenzabstand $\Delta\omega$ von zwei aufeinanderfolgenden Höchstwerten des Scheinwiderstandes.

Ein eigenartiger Fall in der Praxis gab nun Veranlassung zu der Frage, ob Schwankungen der Scheinwiderstandskurve, deren Abstand nach Gl. (4) auf eine Stoßstelle am fernen Ende deutete, nicht auch andere Ursachen haben können. Es zeigte sich nämlich in dem betreffenden Falle, daß bei der Scheinwiderstandsmessung einer mit ihrem Wellenwiderstand ordnungsmäßig abgeschlossenen Leitung der anscheinend vorhandene „Fehler" jedesmal am fernen Ende zu liegen schien, ganz gleich, von welchem Ende aus gemessen wurde. Über das Ergebnis der daraufhin angestellten Untersuchung wird im folgenden berichtet.

Schließt man eine Leitung am Ende mit einem vom Wellenwiderstand Z_0 verschiedenen Widerstand Z_1 ab, so ergibt sich aus Gl. (1) und der Beziehung $I_e = U_e/Z_1$ für den Scheinwiderstand die Gleichung

$$W = Z_0 \frac{Z_1 \operatorname{Cof} \gamma l + Z_0 \operatorname{Sin} \gamma l}{Z_0 \operatorname{Cof} \gamma l + Z_1 \operatorname{Sin} \gamma l}. \qquad (5)$$

Wir setzen nun $Z_1 = Z_0 + Z_a = Z_0 (1 + Z_a/Z_0) = Z_0 (1+\delta)$. Dann geht Gl. (5) über in die Form

$$W = Z_0 \frac{\operatorname{Cof} \gamma l + \operatorname{Sin} \gamma l + \delta \operatorname{Cof} \gamma l}{\operatorname{Cof} \gamma l + \operatorname{Sin} \gamma l + \delta \operatorname{Sin} \gamma l}, \qquad (5a)$$

die sich durch Erweiterung in die Form

$$W = Z_0 \left(1 + \delta \frac{\operatorname{Cof} \gamma l - \operatorname{Sin} \gamma l}{\operatorname{Cof} \gamma l + \operatorname{Sin} \gamma l + \delta \operatorname{Sin} \gamma l}\right) \qquad (5b)$$

überführen läßt. Machen wir nun die Voraussetzung, daß $\delta \operatorname{Sin} \gamma l \ll \operatorname{Cof} \gamma l + \operatorname{Sin} \gamma l$ sei, so erhalten wir die Beziehung

$$W = Z_0 + Z_u = Z_0 (1 + \delta e^{-2\gamma l}) = Z_0 + Z_a e^{-2\gamma l}$$
$$= Z_0 + Z_a e^{-2\beta l} (\cos 2\alpha l - j \sin 2\alpha l)^{*}). \qquad (6)$$

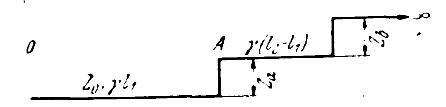
*) Gefallen am 9. 4. 1940.

*) Vgl. Rosen, J. Instn. electr. Engrs. 65 (1927) S. 989.



Diese Gleichung besagt also in etwas anderer Form als Gl. (3), daß sich im Frequenzverlauf des Scheinwiderstandes dem Wert des Wellenwiderstandes Z_0 ein Betrag Z_u überlagert, dessen Größe mit $\cos 2\alpha l$ schwankt.

Wir betrachten jetzt eine Leitung mit zwei Stoßstellen, wobei wir die Fortpflanzungskonstante γ als gleich auf allen Leitungsteilen annehmen (Bild 1). Das Ende der Leitung sei mit dem Wellenwiderstand des letzten Abschnitts abgeschlossen.



Zeichenerklärung für die Bilder 1 bis 4:

l	Leitungslänge	s	Abschnittslänge
Z	Wellenwiderstand	n	Anzahl der Leitungsabschnitte
γ	Fortpflanzungskonstante	ω	Kreisfrequenz

Bild 1. Wellenwiderstand mit zwei Stoßstellen.

Dann ist der in A gemessene Scheinwiderstand nach Gl. (6), mit den Bezeichnungen der Figur

$$W' = Z_0 + Z_a + Z_b\, e^{-2\gamma(l_2 - l_1)}$$

und der in O gemessene Scheinwiderstand

$$W'' = Z_0 + \left[Z_a + Z_b\, e^{-2\gamma(l_2 - l_1)}\right] e^{-2\gamma l_1}$$
$$= Z_0 + Z_a\, e^{-2\gamma l_1} + Z_b\, e^{-2\gamma l_2}. \quad (7)$$

Weist die Leitung mehrere Sprünge auf in den Abständen $l_1, l_2, l_3 \ldots.$, so ergibt sich in entsprechender Weise für den Scheinwiderstand der Leitung

$$W = Z_0 + Z_a\, e^{-2\gamma l_1} + Z_b\, e^{-2\gamma l_2} + Z_c\, e^{-2\gamma l_3} + \cdots \quad (8)$$

Wir nehmen nun an, daß die Größe aller Sprünge nach Betrag und Richtung gleich sei: $Z_a = Z_b = Z_c = \delta Z_0$, und daß ferner die Leitung durch die Sprünge in n gleiche Abschnitte unterteilt werde. Dann erhalten wir:

$$W = Z_0 + \delta Z_0\, e^{-\frac{2\gamma l}{n}} + \delta Z_0\, e^{-\frac{2\cdot 2\gamma l}{n}} + \delta Z_0\, e^{-\frac{3\cdot 2\gamma l}{n}} + \cdots \quad (9)$$

Die Leitung enthält $n - 1$ Stoßstellen, d. h.

$$W = Z_0 + \delta Z_0 \left[\left(e^{-\frac{2\gamma l}{n}}\right)^1 + \left(e^{-\frac{2\gamma l}{n}}\right)^2 + \cdots \left(e^{-\frac{2\gamma l}{n}}\right)^{n-1}\right]. \quad (9a)$$

Die Klammer stellt eine geometrische Reihe dar mit der Summe $\dfrac{e^{-\frac{2\gamma l}{n}} - e^{-2\gamma l}}{1 - e^{-\frac{2\gamma l}{n}}}$, d. h. es wird

$$W = Z_0 + Z_{u'} = Z_0 + \delta Z_0\, \frac{e^{-\frac{2\gamma l}{n}} - e^{-2\gamma l}}{1 - e^{-\frac{2\gamma l}{n}}}. \quad (10)$$

Das wesentliche Ergebnis dieser Gleichung ist, daß in $Z_{u'}$, dem Störungsglied, neben dem Fortpflanzungsmaß $\gamma l/n$ für die Einzelabschnitte auch das Fortpflanzungsmaß γl für die ganze Leitungslänge auftritt. Der Frequenzgang des Scheinwiderstandes wird also neben Höchstwerten in einem Abstande, welcher der Abschnittslänge entspricht, auch solche Maxima zeigen, deren Frequenzabstand auf eine Stoßstelle am fernen Ende zu deuten scheint. Da nun die Längeneinteilung der Leitung von beiden Seiten gesehen gleich ist, ergeben Messungen an beiden Enden das gleiche Bild in bezug auf eine scheinbare Fehlerlage am jeweils fernen Ende. Lediglich die Umkehrung des Vorzeichens von Z_a bedingt eine Verschiedenheit in der Höhenlage der Impedanzkurve.

Die Gl. (10) bot zunächst formal eine Erklärungsmöglichkeit für die geschilderte Erscheinung. Sie befriedigte aber nicht restlos, da die vorausgesetzten Sprünge gleicher Größe und in gleichem Abstand bei der Messung einzelner Fabrikationslängen nicht nachzuweisen waren. Es war aber auf Grund vorstehender Ableitung

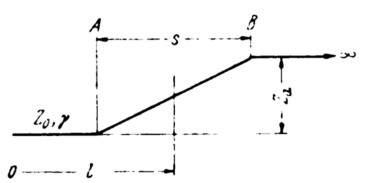


Bild 2. Gleichmäßig ansteigender Wellenwiderstand zwischen zwei Leitungsabschnitten.

zu erwarten, daß jede periodische Impedanzänderung ihren mathematischen Ausdruck im Auftreten einer Funktion mit dem Argument $2\gamma l$ finden würde. Wir betrachten deshalb im folgenden noch den Fall einer sägeblattförmigen Impedanzverteilung, deren Vorhandensein in dem beschriebenen Fall eine gewisse Wahrscheinlichkeit für sich hatte.

Bei einer solchen Verteilung (Bild 3) haben die einzelnen Abschnitte gleiche Länge, und die Höhe der einzelnen Sprünge ist ebenfalls gleich. Bild 2 stellt einen einzelnen Abschnitt mit gleichmäßig ansteigender Impedanz dar, wobei wir zunächst annehmen, daß der Abschnitt in zwei langen Leitungen mit den konstanten Impedanzen Z_0 und $Z_0 + Z_a$ eingeschlossen sei.

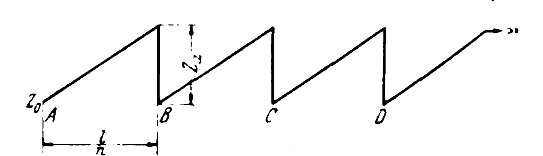


Bild 3. Leitung mit sägeblattförmigem, periodischem Verlauf des Wellenwiderstandes.

Die Länge von O bis zur Mitte von AB sei l, die Länge des Abschnitts sei $AB = s$.

Die Impedanzänderung auf einer kleinen Länge $\mathrm{d}x$ ist $Z_a \dfrac{\mathrm{d}x}{s}$. Ein Sprung in der Entfernung x vom Leitungsanfang O macht sich dort entsprechend Gl. (6) bemerkbar in der Größe

$$\mathrm{d}Z_u = Z_a \frac{\mathrm{d}x}{s}\, e^{-2\gamma x}.$$

Setzen wir die ungestörte Überlagerung der Einzelwirkungen voraus, so ist die Wirkung der ganzen Impedanzänderung von Z_0 auf $Z_0 + Z_a$:

$$Z_u = \frac{Z_a}{s} \int_{l - s/2}^{l + s/2} e^{-2\gamma x}\, \mathrm{d}x. \quad (11)$$

Das Integral hat den Wert $-\dfrac{1}{2\gamma}\, e^{-2\gamma x}$, so daß sich bei Einsetzen der Grenzen ergibt:

$$Z_u = Z_a \frac{e^{-2\gamma l}}{\gamma s} \cdot \frac{e^{\gamma s} - e^{-\gamma s}}{2} = Z_a\, e^{-2\gamma l}\, \frac{\mathfrak{Sin}\, \gamma s}{\gamma s}\ ^{*)}. \quad (12)$$

*) Vgl. Rosen, J. Instn. electr. Engrs. 65 (1927) S. 989.

Wir nehmen nun an, daß der räumliche Verlauf des Wellenwiderstandes der Leitung durch Bild 3 dargestellt werde, wobei die Fortpflanzungskonstante wieder als konstant betrachtet werde. Die Leitung enthält n gleichlange Abschnitte, auf denen die Impedanz von Z_0 auf $Z_0 + Z_a$ ansteigt, um am Ende jedes Abschnitts wieder auf Z_0 zu fallen. Das Ende der Leitung ist mit dem Widerstand $Z_0 + Z_a$ abgeschlossen.

Die Gesamtwirkung einer derartigen Impedanzverteilung berechnen wir wieder durch Addition der Einzelwirkungen. Dabei ist für den Abschnitt AB die in Gl. (12) einzusetzende Länge vom Leitungsanfang bis Abschnittsmitte gleich $\frac{1}{2}\frac{l}{n}$, für den zweiten Abschnitt $\frac{3}{2}\frac{l}{n}$, für den n-ten Abschnitt $\frac{2n-1}{2}\frac{l}{n}$. Wir erhalten dann als Summe der Wirkung aller einzelnen Abschnitte:

$$Z_{u''} = Z_a \frac{\mathfrak{Sin}\frac{\gamma l}{n}}{\frac{\gamma l}{n}} \times \left[\left(e^{-\frac{2\gamma l}{n}}\right)^{\frac{1}{2}} + \left(e^{-\frac{2\gamma l}{n}}\right)^{\frac{3}{2}} + \cdots \left(e^{-\frac{2\gamma l}{n}}\right)^{\frac{2n-1}{2}}\right]. \quad (13)$$

Der Klammerausdruck ist wieder eine geometrische Reihe mit der Summe

$$e^{-\frac{\gamma l}{n}} \left(\frac{1-e^{-2\gamma l}}{1-e^{-\frac{2\gamma l}{n}}}\right),$$

so daß wir für die Gesamtwirkung erhalten:

$$Z_{u''} = Z_a \frac{\mathfrak{Sin}\frac{\gamma l}{n}}{\frac{\gamma l}{n}} \cdot \frac{e^{-\frac{\gamma l}{n}}\left(1-e^{-2\gamma l}\right)}{1-e^{-\frac{2\gamma l}{n}}}. \quad (14)$$

Wir finden also auch in dem Ausdruck für die Wirkung der Strecken mit ansteigender Impedanz das Fortpflanzungsmaß für die ganze Leitung.

Fassen wir nun die Störungsglieder $Z_{u'}$ aus Gl. (10) (und zwar mit negativem Vorzeichen entsprechend der Änderung von $Z_0 + Z_a$ auf Z_0) und $Z_{u''}$ aus Gl. (14) zusammen, so erhalten wir schließlich für den Scheinwiderstand einer Leitung nach Bild 3 den Ausdruck:

$$W = Z_0 + Z_{u'} + Z_{u''} = Z_0 + Z_a \times \left[\frac{\mathfrak{Sin}\frac{\gamma l}{n}}{\frac{\gamma l}{n}} \cdot \frac{e^{-\frac{\gamma l}{n}}\left(1-e^{-2\gamma l}\right)}{1-e^{-\frac{2\gamma l}{n}}} \quad \frac{e^{-\frac{2\gamma l}{n}} - e^{-2\gamma l}}{1-e^{-\frac{2\gamma l}{n}}}\right]. \quad (15)$$

Um einen Überblick über den Einfluß der einzelnen Glieder zu gewinnen, wurde der Klammerausdruck für folgende Zahlenwerte einer Leitung berechnet:

$l = 20$ km; $n = 13$, $a = 50 \cdot 10^{-6}\,\omega$; $\beta = 0{,}01$ Neper/km bei $\omega = 5000$, steigend bis $\beta = 0{,}045$ bei $\omega = 20\,000$.

Das Ergebnis der Rechnung ist in Bild 4 dargestellt. Das Bemerkenswerte ist, daß der Einfluß der Abschnittslängen vollkommen zurücktritt, während der Abstand der einzelnen Höchstwerte $\Delta\omega = 3100$ nach Gl. (4) die zunächst vermutete Stoßstelle in eine Entfernung

$$l = \frac{\pi \cdot 10^6}{3100 \cdot 50} = 20 \text{ km},$$

d. h. an das Ende der Leitung verlegt. In Wirklichkeit ist diese Fehlerlage nur vorgetäuscht durch die Summierung der Einzelwirkungen entsprechend Gl. (15). Es empfiehlt sich also, beim Auftreten von derartigen Scheinwiderstandskurven durch eine Messung von beiden Enden nachzuprüfen, ob nicht etwa eine Summenwirkung periodischer Unregelmäßigkeiten an Stelle eines Fehlers am fernen Ende für den gefundenen Frequenzabstand der Maxima verantwortlich ist.

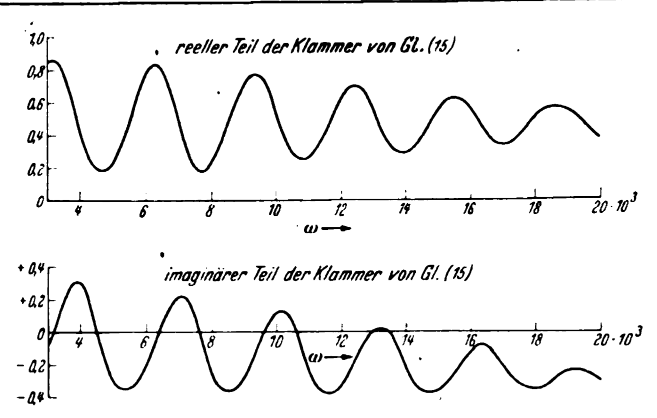


Bild 4. Störung der Kennlinie bei sägeblattförmigem, periodischem Verlauf des Wellenwiderstandes.

Anmerkung

Die Annahme einer sägeblattförmigen Verteilung der Impedanz in einem Kabel geht zurück auf Überlegungen, die angestellt wurden, um die bis dahin unerklärlichen großen Impedanzschwankungen an Fernsprechkabeln mit Permalloybelastung verständlich zu machen. Die Impedanz der einzelnen Fabrikationslängen schwankt natürlich; die einzelnen Längen sind aber so angeordnet, daß ihre Impedanz von einem zum anderen Ende gleichmäßig ansteigt. Aus einer solchen Anordnung können die beobachteten Erscheinungen nicht abgeleitet werden. Nun wird das Kabel bei der Fabrikation in einem Tank aufgeschossen, und zwar immer von außen nach innen. Es wird also jeder Ring einmal tordiert, und zwar auf einer um so kürzeren Strecke, je weiter innen der betreffende Ring liegt. Bei der großen Empfindlichkeit des Permalloy gegenüber mechanischen Beanspruchungen liegt die Annahme nahe, daß dadurch die Impedanz innerhalb jeder Lage geändert wird, und zwar von außen nach innen in steigendem Maße. Ist eine Lage ausgelegt, so wird das Kabel wieder von innen nach außen geführt, hier entsteht also ein plötzlicher Übergang zu den Anfangswerten der vorhergehenden Lage. Die Anzahl der Perioden entspricht der Anzahl der Lagen im Tank.

Zusammenfassung

Periodische Unregelmäßigkeiten des Wellenwiderstandes verursachen Störungen in der Kennlinie, deren Frequenzabstand überraschenderweise auf einen scheinbaren Fehler am fernen Leitungsende hindeutet; es ist dabei gleichgültig, an welchem Leitungsende die Messung der Kennlinie stattfindet. Dagegen ist aus der Charakteristik praktisch nicht zu entnehmen, welche Abschnittslänge die einzelnen periodischen Unregelmäßigkeiten auf der Leitung einnehmen.

Einführung zu der Neufassung der „Vorschriften für Erdungen in Wechselspannungsanlagen über 1 kV“ VDE 0141

Von W. Koch, Berlin

DK 621.316.99(083.133.1)

Die bisherigen „Leitsätze für Schutzmaßnahmen in Hochspannungsanlagen“ VDE 0141 sind einer Neubearbeitung unterzogen und zu Vorschriften erhoben worden. Damit kommt ihnen die Bedeutung zu, die ihnen als Maßnahmen zum Schutze von Menschenleben gebührt.

Die seit dem Jahre 1924 gültigen Leitsätze sind dank der gründlichen Arbeit des damaligen Ausschusses inhaltlich so treffend, daß sie sich in der jahrelangen Praxis ihrer Anwendung bewährt haben und trotz der in diese Zeit fallenden gewaltigen Entwicklung und Ausdehnung der elektrischen Energieversorgungsanlagen eine entsprechende Vermehrung der elektrischen Unfälle segensreich verhütet haben. Mit solchen Erfahrungen konnte man daher jetzt die Aufstellung von Erdungsvorschriften unternehmen, die neben Altbewährtem die neuzeitlichen Anforderungen entsprechenden Maßnahmen enthalten.

Während die Leitsätze VDE 0141 sich nur mit Erdungsmaßnahmen zum Schutze von Menschenleben befaßten, erfuhren die neuen Vorschriften gleichzeitig eine Erweiterung durch die Vorschriften über Betriebserdungen sowie durch Beigabe eines Anhanges „Leitsätze für Blitzschutzerdungen an elektrischen Anlagen“.

Gleichfalls neu ist die Ausdehnung der Erdungsvorschriften auf Anlagen mit Sternpunktserdung. Allerdings ist der Schutzmaßnahme durch Erdung wegen der bei Erdkurzschluß auftretenden Ströme in Anlagen mit nennenswerten Leistungen sehr bald eine Grenze gesetzt.

Die Anordnung des Stoffes in einzelnen Paragraphen unter Voranstellung einer Inhaltsübersicht paßt sich der allgemein üblich gewordenen Form der VDE-Bestimmungen an. Weit gegliederten Begriffsbestimmungen folgen grundsätzliche Bestimmungen über Bemessung und Ausgestaltung von Erdern und Erdungsanlagen, ihre Baustoffe und Einzelformen. Unklarheiten der alten Fassung über die Benutzung von geerdeten Schaltgerüsten und Grundplatten zur Erdung aufgebauter Teile sind beseitigt und damit ständigen Streitfragen, insbesondere bei Abnahmen, der Boden entzogen.

Wichtig und oftmals erleichternd für die Aufstellung insbesondere von Erdschlußlöschern ist die erstmalig klar zum Ausdruck kommende Bestimmung, daß für Erdungen (Betriebserdungen) auch höhere Spannungen als 125 V zugelassen werden, wenn die Erdleitungen isoliert verlegt sind und die Erdung so angeordnet ist, daß eine Gefährdung durch Schrittspannung nicht auftritt. Übersichtlich gefaßt sind die Bestimmungen über Schutzerdungen in ungelöschten und gelöschten Netzen. Ein Paragraph über Anwendung von Schutzerdungen gibt eine Zusammenstellung der dabei zu beachtenden Einzelheiten.

Auch für Schutzerdungen werden jetzt bei besonders schwierigen Erdungsverhältnissen höhere Berührungsspannungen als 125 V zugelassen, wenn gleichzeitig durch Standortisolierung, Isolierung der Bedienungsgriffe oder Kurzschließen elektrisch gut leitender Bedienungsstandorte mit den geerdeten Anlageteilen dafür gesorgt ist, daß die erhöhte Berührungsspannung sich nicht auf die Betriebsmannschaft auswirken kann. Um unnützen Aufwand zu vermeiden, wurde bestimmt, daß bei Erdungen mit Berührungsspannungen über 125 V bis zu 250 V eine Standortisolation für 250 V genügt. Die Grenze von 250 V ist in Anlehnung an die in VDE 0140 zum Ausdruck kommende Erfahrung gewählt worden, daß man in Anlagen mit Spannungen bis 250 V gegen Erde zum guten Teil auf besondere Schutzmaßnahmen verzichten kann. Bei höheren Erderspannungen wird die erheblich strengere Forderung der Isolation des Standortes für höchstmögliche Spannung eines Leiters gegen Erde gestellt. Diese neuen Bestimmungen füllen eine Lücke in den bisherigen, die von denen besonders begrüßt werden, die z. B. in gebirgigem Gelände Anlagen erstellen müssen und mit vernünftigen Mitteln die früheren Bestimmungen einfach nicht erfüllen konnten. Dabei ist durch die zusätzlich anzuwendenden Maßnahmen weitgehend für Sicherheit gesorgt. Natürlich wird man überdies besondere Vorsicht beim Umgehen in solchen Anlagen üben.

Die aus der Praxis der Betriebe immer wieder gestellten Fragen über den Zusammenschluß oder die Trennung verschiedener Erdungsanlagen werden in einem Abschnitt behandelt, der die wenigen möglichen Fälle des (oft gewünschten) Zusammenschlusses anführt.

Den Bestimmungen über Schutzmaßnahmen an Mastschaltern sind solche für Mastumspannstellen und Kabelendmaste hinzugefügt. Wie bisher können an Stelle der Erdung bei Stahl- oder Eisenbetonmasten auch Maßnahmen treten wie sorgfältige Überwachung und Prüfung der Isolatoren bei Anordnung der Leitungen so, daß bei Isolatorbruch verhindert wird, daß die Leitung auf einen leitenden Teil des Mastes fällt und dort liegenbleibt. Bei Anlagen mit Spannungen über 60 kV haben die Erfahrungen gezeigt, daß durch die in solchen Betrieben üblichen Überwachungsmaßnahmen der Leitungen und die regelmäßige Prüfung der Isolatoren Leitungsbrüche so selten sind, daß man darauf verzichten kann, die Mastkonstruktion der vorgenannten Bedingung anzupassen, die wegen der dadurch bedingten weiten Ausladungen der Traversen bei höheren Spannungen zu praktisch untragbarem Werkstoffaufwand führen würden.

Für die Erdung ortsveränderlicher Anlagen, insbesondere für Transformatorenwagen, die in den bisherigen Leitsätzen nicht behandelt waren, aber wegen der besonderen Gefahren nicht übergangen werden dürfen, sind genaue Anweisungen gegeben.

Die beim Arbeiten an elektrischen Anlagen erforderlichen Schutzvorkehrungen und ihre Bemessung sind ausführlich beschrieben. Von den Betriebsbeamten wird das begrüßt werden, da die Ausführungen ein Niederschlag von Erfahrungen sind, die bisher nicht zusammengestellt waren.

Als Anhang sind Leitsätze für Blitzschutzerdungen neu aufgestellt worden. Die großzügigen Untersuchungen auf dem Gebiet der Blitzforschung haben gerade in der Zeit des Bestehens der bisherigen Leitsätze für Schutzerdungen in Hochspannungsanlagen, die lediglich dem Schutze von Menschenleben dienten, Erkenntnisse gefördert, die man bei der Herausgabe der neuen Erdungsvorschriften nicht unbeachtet lassen wollte. Sind doch zweckmäßig ausgestaltete Erdungen das einzige Mittel, um bei Blitzschlägen in elektrische Anlagen, insbesondere bei Freileitungsmasten, Betriebsstörungen wirksam zu verhindern. Die Leitsätze werden die Anwendung der Blitzschutzerdungen fördern und dazu beitragen, daß im Laufe der nächsten Jahre immer reichere Erfahrungen auch auf diesem wichtigen Gebiet des betrieblichen Schutzes gewonnen werden.

Vorschriften für Erdungen in Wechselstromanlagen über 1 kV

VDE-Ausschuß für Erdung

DK 621.316.99(083.133.1)

VDE 0141/XII. 40

Inhaltsübersicht

I. Gültigkeit

§ 1

Geltungsbeginn

Diese Vorschriften treten am 1. Juli 1941 in Kraft[1]).

§ 2

Geltungsbereich

Diese Vorschriften gelten für Erdungen in Starkstromanlagen mit Betriebsspannungen von 1 kV und darüber.

Sie gelten nicht für die gesamten Fahrleitungsanlagen und Fahrzeuge elektrischer Bahnen, für Kabelnetze im Bahnkörper von Gleichstrombahnen, für Anlagen in Bergwerken unter Tage, für Röntgen-, elektromedizinische Hochfrequenz- und Leuchtröhrenanlagen.

II. Begriffserklärungen

§ 3

Bezugserde, Erderarten, Erdungsarten

a) Bezugserde (für Messungen und Berechnungen) ist eine Stelle des Erdreiches, der das Potential Null zugeschrieben werden kann.

b) Erder sind Leiter, die ins Erdreich eingebettet sind und mit ihm in inniger Berührung stehen. Die Teile der Zuleitungen zu einem Erder, die unisoliert im Erdreich eingebettet sind, gelten als Teile des Erders und nicht als Erdleitungen.

c) Tiefenerder sind solche Erder, die im wesentlichen senkrecht eingesenkt werden.

Hierzu gehören u. a.:

Staberder, die durch eingetriebene Stäbe oder Rohre gebildet sind,

Plattenerder, die unter Verwendung von Platten hergestellt sind.

d) Oberflächenerder sind Erder, die in mäßiger Tiefe verlegt werden. Sie haben in der Regel eine erheblich größere räumliche Ausdehnung als Erder nach c).

Hierzu gehören u. a.:

Strahlenerder. Ein Band oder Seil ist ausgestreckt verlegt. Man unterscheidet Ein- oder Mehrstrahlenerder.

Ringerder. Ein langes Band oder Seil ist als Ring mit großem Durchmesser verlegt.

Maschenerder. Ring- und Strahlenerder sind zusammengesetzt.

e) Erden heißt, eine leitende Verbindung zwischen einem Anlageteil und einem Erder herstellen.

f) Erdleitung ist eine Verbindungsleitung zu einem Erder, soweit sie auf dem Erdboden oder isoliert im Erdboden verlegt ist.

g) Erdsammelleitung ist eine Zuleitung zum Erder, an der mehrere Erdleitungen angeschlossen sind.

h) Erdungsanlage ist die Gesamtheit von Erdern und Erdleitungen.

Nach Zweck und Aufgabe unterscheidet man folgende Erdungen:

1. Betriebserdung ist eine Erdung, die für das betriebsmäßige Arbeiten von Geräten oder Anlagen notwendig ist.
2. Schutzerdung ist die Erdung eines nicht zum Betriebsstromkreis gehörenden Anlageteiles zum Schutze von Menschen gegen zu hohe Berührungsspannung (§ 5).
3. Erden und Kurzschließen ist eine Maßnahme zum Schutz von Menschen bei Arbeiten an abgeschalteten elektrischen Leitungen oder Anlageteilen. Sie stellt eine Erdung in Verbindung mit Kurzschließen der Leitungen oder Anlageteile dar.
4. Blitzschutzerdung ist die Erdung eines Anlageteiles, der betriebsmäßig keine Spannung führt, zur Ableitung der durch Blitzeinschlag verursachten Stoßströme nach Erde.

§ 4

Ausbreitungswiderstand der Erder, spezifischer Bodenwiderstand, Bodenleitfähigkeit

a) Ausbreitungswiderstand eines Erders ist der Widerstand zwischen Erder und Bezugserde.

Stoßausbreitungswiderstand ist der beim Durchgang von Stoßströmen wirksame Widerstand zwischen Erder und Bezugserde. Er ist eine Beurteilungsgröße der Blitzschutzerdung und hat je nach Art der Erdung und der Erdungsverhältnisse einen während des Stoßstrom-Durchganges veränderlichen Wert.

b) Spezifischer Bodenwiderstand (Einheit Ω/cm) ist der in Ohm gemessene Widerstand eines Zentimeterwürfels Erdreich zwischen zwei gegenüberliegenden Würfelflächen.

c) Bodenleitfähigkeit ist der Kehrwert des spezifischen Bodenwiderstandes in $S \cdot cm^{-1}$.

§ 5

Berührungsspannung, Schrittspannung

a) Berührungsspannung ist die Spannung, die zwischen den der Berührung zugänglichen, nicht zum Betriebsstromkreis gehörenden Teilen und Erde oder zwischen diesen Teilen auftreten und von einem Menschen überbrückt werden kann.

b) Schrittspannung ist die mit der Schrittweite (etwa 1 m) überbrückbare Spannung.

[1]) Genehmigt durch den Vorsitzenden des VDE im Dezember 1940.



§ 6

Erdschluß, Erdschlußstrom, Erdschlußlöschung

a) Erdschluß ist die leitende Verbindung (auch über einen Lichtbogen) eines betriebsmäßig isolierten und gegen Erde Spannung führenden Leiters mit Erde oder mit geerdeten Teilen in Anlagen ohne kurzgeerdeten Sternpunkt.

b) Erdkurzschluß ist die leitende Verbindung (auch über einen Lichtbogen) eines betriebsmäßig isolierten und gegen Erde Spannung führenden Leiters mit Erde oder mit geerdeten Teilen in Anlagen mit kurzgeerdetem (praktisch widerstandslos geerdetem) Sternpunkt.

c) Doppelerdschluß, Gesellschaftserdschluß, Mehrfacherdschluß ist die gleichzeitige leitende Verbindung von zwei bzw. mehreren betriebsmäßig isolierten und gegen Erde Spannung führenden Leitern verschiedenen Potentials mit Erde oder mit geerdeten Teilen.

d) Erdschlußstrom ist der in Anlagen ohne kurzgeerdeten Sternpunkt an der Erdschlußstelle aus dem Betriebsstromkreis zur Erde übertretende Strom.

e) Erdschlußlöschung ist die mehr oder weniger vollständige Aufhebung des Erdschlußstromes durch besondere Betriebsmittel (Erdschlußlöscher).

f) Erdschlußreststrom ist der in den Netzen mit Erdschlußlöschung an der Erdschlußstelle aus dem Betriebsstromkreis zur Erde übertretende Strom.

g) Erdkurzschlußstrom ist der in Anlagen mit kurzgeerdetem Netzpunkt an der Erdkurzschlußstelle aus dem Betriebsstromkreis zur Erde übertretende Strom.

III. Bestimmungen

A. Allgemeines über Betriebs- und Schutzerdungen

§ 7

Bemessung von Erdern

a) Für die Bemessung von Erdern ist der höchstzulässige Ausbreitungswiderstand maßgebend (siehe § 11).

Bei der Bemessung und Ausführung von Erdern sind die gegebenen örtlichen Verhältnisse, die regelmäßigen und voraussehbaren unregelmäßigen Betriebszustände sowie diejenigen gegebenen und voraussehbaren Umstände zu berücksichtigen, die den Ausbreitungswiderstand beeinflussen, wie z. B. Witterungseinflüsse und Grundwasserstand und dadurch bedingte Änderung der Bodenleitfähigkeit.

Die Bodenleitfähigkeit hängt von der Art des Erdreiches, seiner Schichtung, seinem Feuchtigkeitsgehalt und seiner Temperatur ab. Gefrorenes Erdreich hat eine stark verminderte Leitfähigkeit. Der Feuchtigkeitsgehalt ändert sich mit dem Grundwasserstand und der Witterung. Er ändert sich in den obersten Bodenschichten stärker als in den tiefer liegenden. Grundwasser allein gibt noch keine Gewähr für gute Leitfähigkeit. Allgemeingültige Zahlenwerte für die Bodenleitfähigkeit können deshalb nicht gegeben werden.

b) Der Erder ist zweckentsprechend anzuordnen und sicher zu verlegen.

c) Können bei Schutzerdungen die Bedingungen dieser Vorschriften wegen technischer Schwierigkeiten nicht erfüllt werden, so sind zusätzliche Schutzmaßnahmen zu treffen (§ 13).

d) Schutzerdungen brauchen nicht für die Stromstärke von Doppel-, Gesellschafts- und Mehrfacherdschlüssen bemessen zu werden [siehe VDE 0101/XII. 40, § 4b)].

§ 8

Anlage von Erdern

a) Allgemeines

Der Erder muß in inniger Berührung mit dem umgebenden Erdreich stehen. Gut leitende Erdschichten sind zu bevorzugen. In trockenen Erdschichten sind die Erder einzuschlämmen oder sorgfältig zu verstampfen. Steine und grober Kies unmittelbar am Erder vergrößern den Ausbreitungswiderstand.

Die Leitfähigkeit der Bodenschicht um den Erder herum läßt sich in schlecht leitendem Erdreich durch Zusatz von Soda verbessern. Zweckmäßig werden zum leichten Nachfüllen von Sodalösung Staberder aus gelochten Rohren benutzt (Tränkerder).

Müssen Erder an Stellen angelegt werden, wo Baugruben ausgehoben sind, so empfiehlt es sich, sie von der Grubensohle aus einzubringen.

Der Mindestquerschnitt von Zuleitungen zum Erder, die unisoliert im Erdboden liegen, muß bei feuerverzinktem Stahl rund 100 mm² betragen.

Die Anschlußstelle am Erder muß einen sicheren Kontakt dauernd gewährleisten und ist nach Fertigstellung gegen Korrosion zu schützen. Sie wird entweder verschweißt oder durch mindestens zwei gesicherte Schrauben verschraubt (bei Staberdern mit Kreisquerschnitt auch durch Anschluß von zweilappigen, ausreichend bemessenen Schellen mit Schrauben von der Mindestgröße M 10). Bei der Verwendung von Seilen als Erder sind Schraub- und Nietverbinder zulässig.

Für die Nachprüfung des Ausbreitungswiderstandes eines Erders muß in der Erdleitung eine zugängliche, lösbare Verbindung vorgesehen werden.

b) Baustoffe

Als Baustoff für Erder ist am zweckmäßigsten feuerverzinkter Stahl zu verwenden. Werden durch Ausbau freiwerdende Baustoffe (Rohre, Profileisen, Kesselbleche und Seile) benutzt, so muß die Dicke und der Querschnitt mindestens 50% größer sein, als für feuerverzinkten Stahl gefordert wird. Leichtmetalle eignen sich nicht für die Verlegung im Erdreich.

c) Staberder

Der Ausbreitungswiderstand eines Staberders (Rohr oder Profileisen) ist hauptsächlich von seiner Länge und weniger von dem Rohrdurchmesser oder den Profilabmessungen abhängig.

Die in Tafel I angegebenen Rohr- und Profilgrößen sollen aus mechanischen und Wärmebelastungsgründen im Erdboden mittlerer Leitfähigkeit nicht unterschritten werden.

Tafel I

1	2	3
Art des Staberders (feuerverzinkter Stahl)	Mindestgrößen für Betriebs- und Schutzerdung	Mindestgrößen für Blitzschutzerdung
Gasrohr [1])	2″	1″
Winkelstahl [2])	└ 65 · 65 · 7	└ 35 · 35 · 4
T-Stahl [3])	┬ 6	┬ 3½
U-Stahl [4])	[6½	[3

1) Siehe DIN 2440. 2) Siehe DIN 1028. 3) Siehe DIN 1024. 4) Siehe DIN 1026.

Sind mehrere Staberder nötig, um den erforderlichen Ausbreitungswiderstand (siehe § 11) zu erreichen, so ist ein gegenseitiger Mindestabstand von der doppelten Länge eines einzelnen Erders anzustreben.

Sind die parallel geschalteten Staberder nicht mit ihrer gesamten Länge wirksam, so gilt für den Mindestabstand zweier derartiger Staberder die doppelte wirksame Länge.

d) Plattenerder

Für Plattenerder sind mindestens 3 mm dicke Bleche zu verwenden.

Plattenerder sind senkrecht stehend einzubetten.

Sind mehrere Plattenerder nötig, um den erforderlichen Ausbreitungswiderstand zu erreichen, so ist möglichst ein gegenseitiger Mindestabstand von 5 m einzuhalten.

e) Oberflächenerder

Für Oberflächenerder ist Bandstahl von mindestens 3 mm Dicke und rund 100 mm² Querschnitt oder auch Stahlseil von gleichem Querschnitt zu verwenden.

Oberflächenerder sollen im allgemeinen ½ bis 1 m tief verlegt werden, wenn die Bodenverhältnisse dies erlauben.

Auf die Abhängigkeit der Oberflächenerder vom Feuchtigkeitsgehalt der oberen Bodenschichten ist bei der Bemessung Rücksicht zu nehmen.

Strahlen von Oberflächenerdern sollen mindestens 10 m und möglichst nicht mehr als 50 m lang sein. Die Strahlen sind möglichst gleichmäßig zu verteilen.

Es ist im allgemeinen vorteilhafter, einen Mehrstrahlenerder zu verlegen, als die Länge eines Strahles zu groß zu wählen.

Bei Ring- und Maschenerdern soll der Ring-Durchmesser möglichst nicht kleiner als 20 m sein.

§ 9

Ausführung und Bemessung von Erdleitungen

a) Erdleitungen sollen gegen mechanische und chemische Zerstörungen geschützt werden. Erdleitungen sind sichtbar oder zugänglich zu verlegen.

b) Schalter und Sicherungen sind in Erdleitungen unzulässig.

c) Verbindungen von Erd- und Erdsammelleitungen untereinander sowie Abzweigungen von diesen sind so herzustellen, daß ein sicherer Kontakt dauernd gewährleistet ist.

Zulässig sind: Schweiß-, Schraub- und Klemmverbindungen; an Seilen auch Hülsenverbinder (Kerb-, Niet- und Schraubverbinder).



Beispiele:

Schweißen der Verbindungsstellen.

Herstellen überlappter Verbindungen durch mindestens zwei Schrauben mit Muttern (Mindestgröße M 6) oder Verbindungen mittels Laschen durch vier Schrauben mit Muttern (Mindestgröße M 6).

Klemmverbindungen bei Abzweigungen von Flachschienen durch zwei Schrauben mit Muttern (Mindestgröße M 6).

Anschluß von Seilen an Sammelleitungen aus Flachschienen durch Klemmkabelschuhe mit zwei zweilappigen Schellen, vier Schrauben.

d) Jeder zu erdende Anlageteil muß eine Erdleitung erhalten, die unmittelbar entweder zum Erder oder zu einer Erdsammelleitung führt.

Für Schutzerdungen brauchen Teile, die mit geerdeten Grundplatten oder Schaltgerüsten gut leitend fest verbunden sind, nicht gesondert geerdet zu werden. Stahlgerüste, die konstruktiv eine Einheit bilden, u. dgl. können zur Erdung darauf aufgebauter Teile verwendet werden,

1. wenn sie selbst diesen Vorschriften entsprechend an einer Stelle geerdet sind und
2. wenn die Verbindungsstellen geschweißt oder so genietet oder verschraubt (z. B. unter Anwendung von Zahnscheiben) sind, daß sie dauernd gut leitfähig bleiben und
3. wenn Vorsorge getroffen ist, daß durch Anlageteile, die gelegentlich ausgebaut werden können, die Erdung anderer Teile nicht unterbrochen wird.

e) Der Mindestquerschnitt von Erdleitungen beträgt:

bei Stahl . . . . 50 mm²,
bei Aluminium . . . . 35 mm²,
bei Kupfer . . . . 16 mm².

Richtwerte für die Strombelastbarkeit verschiedener Querschnitte enthält Tafel II.

Tafel II

1	2	3	4
Querschnitt	Höchstzulässiger Dauerstrom in Ampere*) bei		
mm²	Stahl	Aluminium	Kupfer
16	—	—	150
35	—	200	250
50	100	250	350
70	175	—	—
100	200	—	—
200	300	—	—

*) unter Zugrundelegung einer Endtemperatur von 150°.

B. Betriebserdungen

§ 10

Bemessung von Betriebserdungen

Betriebserdungen gibt es z. B. bei folgenden Geräten:

Spannungswandler zum Messen von Leiter-Erdspannungen und Sternpunkt-Erdspannungen,
Erdschlußlöscheinrichtungen,
Überspannungsableiter.

a) Betriebserdungen müssen so bemessen werden, daß das einwandfreie Arbeiten der Geräte unter den Betriebsbedingungen möglich ist. Wenn der Spannungsabfall an der Betriebserdung 125 V überschreitet, sind die Erdleitungen für die auftretende Spannung zu isolieren. Die Erdung selbst ist so anzulegen, daß eine Gefährdung durch Schrittspannung nicht auftritt.

b) Bei Betriebserdungen, die längere Zeit Strom führen können, ist zu beachten, daß der Ausbreitungswiderstand bei länger dauerndem Stromdurchgang infolge Erwärmung des Erdreiches (Austrocknen der Erde) ansteigen kann.

c) Betriebserdungen dürfen nur dann mit Schutzerdungen verbunden werden, wenn beim betriebsmäßigen Arbeiten der Geräte der Spannungsabfall an der Erdung unter 125 V bleibt. Andernfalls sind Betriebserdungen so anzulegen, daß an der Schutzerdung durch eine Beeinflussung von dem stromdurchflossenen Betriebserder her keine höhere Spannung als 125 V auftritt.

d) Die Bestimmungen unter a) bis c) brauchen für Überspannungsableiter nicht eingehalten zu werden.

e) Die Bestimmungen unter a) bis c) gelten nicht für Netze mit kurzgeerdetem Netzpunkt.

C. Schutzerdungen in Kraft- und Umspannwerken sowie in Schalt- und Verbraucheranlagen

§ 11

Bemessung der Schutzerdungen

a) Bei der Bemessung der Schutzerdungen in Kraft- und Umspannwerken sowie in Schalt- und Verbraucheranlagen sind folgende Ströme zugrunde zu legen:

1. Bei ungelöschten Netzen: der volle Erdschlußstrom des Netzes.
2. bei Netzen mit kurzgeerdetem (praktisch widerstandslos geerdetem) Netzpunkt: der volle Erdkurzschlußstrom.

   Kann der Ausbreitungswiderstand in diesen Netzen nicht genügend klein gehalten werden, um den Wert des Spannungsabfalls unter 125 V zu halten, so sind nach VDE 0101/XII. 37 § 4b) Einrichtungen zum selbsttätigen Abschalten des fehlerhaften Anlageteils vorzusehen.
3. Bei gelöschten Netzen:

   α) An Stellen mit eingebauter Erdschlußlöscheinrichtung, wenn Schutzerdung und Betriebserdung verbunden sind, der Strom der Erdschlußlöscheinrichtung zuzüglich des Erdschlußreststromes.

   β) An Stellen mit eingebauter Erdschlußlöscheinrichtung, wenn Schutzerdung und Betriebserdung getrennt sind, der Erdschlußreststrom des Netzes im ungünstigsten Falle.

   γ) An Stellen ohne eingebaute Erdschlußlöscheinrichtung der Erdschlußreststrom des Netzes im ungünstigsten Falle.

b) Beim Durchgang dieser Ströme darf kein höherer Spannungsabfall an dem Erder als 125 V bestehen bleiben. Hierbei muß beachtet werden, daß der Ausbreitungswiderstand bei länger dauerndem Stromdurchgang infolge Erwärmung des Erdreiches ansteigen kann.

Eine Erhöhung der Erdströme durch Resonanz- und Oberwellenerscheinungen kann eintreten.

c) Bei Zusammenschaltung von Netzen in Notfällen sind Ausnahmen von den Bestimmungen über die Berührungsspannung zulässig.

§ 12

Anwendung von Schutzerdungen

a) Alle betriebsmäßig nicht Spannung führenden und nicht zum Betriebsstromkreis gehörenden Metallteile der Anlagen und Geräte, die mit Spannung führenden Anlageteilen bei Fehlern, auch durch Lichtbögen in Verbindung kommen können, sind zu erden.

b) Abnehmbare oder drehbare Schutzgitter und Verkleidungen sind besonders zu erden, wenn sie nicht mit geerdeten Teilen in leitender Verbindung stehen. Als leitende Verbindungen gelten z. B. auch Scharniere, Einhängevorrichtungen, die auf einem geerdeten Rahmen angebracht sind.

c) In Anlagen aus Mauerwerk oder Holz oder unbewehrtem Beton sollen metallene Gebäudeteile, wie Rahmen und Griffe an Türen und Fenstern, Treppen, Leitern u. dgl., insbesondere solche, die von außen erreichbar sind, nicht geerdet werden.

d) Metallene Handräder, Hebel und Kurbeln von Geräten brauchen nicht besonders geerdet zu werden, wenn sie unmittelbar am geerdeten Gerät sitzen. Dagegen müssen sie geerdet werden, wenn in dem Antrieb in der Nähe von Spannung führenden Anlageteilen Gestänge, Wellen, Ketten oder Seile zwischengeschaltet sind.

Es wird empfohlen, bei der betriebsmäßigen Umfassung der in Absatz d) aufgeführten Betriebsmittel von einem zusätzlichen Schutz durch Isolierung Gebrauch zu machen.

e) Durchführungen ohne geerdete Flansche (die in Isolierplatten sitzen) und Glasscheibendurchführungen müssen entweder einzeln oder gemeinsam mit einem geerdeten Rahmen umgeben sein.

f) Unterspannungskreise von Meßwandlern müssen unmittelbar an einer Klemme des Wandlers geerdet werden. Ist mit Rücksicht auf die Schaltung beim Zusammenschalten mehrerer Wandler eine Einzelerdung nicht möglich, so muß mindestens eine gemeinsame Erdung der vorhandenen Kreise vorgenommen werden.

g) An Schaltwagen-Anlagen müssen die Erdungsvorrichtungen beim Einführen der Wagen früher und beim Ausführen länger als die Schaltstücke für den Betriebsstrom in Eingriff sein.



§ 13

Schutzmaßnahmen bei schwierigen Erdungsverhältnissen

Wenn bei einer Schutzerdung wegen technischer Schwierigkeiten die Bedingungen nach diesen Vorschriften nicht erreicht werden können, so sind zusätzliche Schutzmaßnahmen anzuwenden:

a) Tritt im Fehlerfalle eine Berührungsspannung über 125 V, aber nicht größer als 250 V auf, so genügt es, die Bedienungsstandorte für 250 V zu isolieren.

b) Können im Fehlerfalle höhere Berührungsspannungen als 250 V auftreten, so sind folgende Schutzmaßnahmen möglich:

1. Die Bedienungsstandorte werden für die größtmögliche Spannung der Leiter gegen Erde isoliert. Diese isolierten Bedienungsstandorte müssen so hergestellt sein, daß der Bedienende erst mit leitenden Teilen der Anlage in Berührung kommen kann, wenn er den isolierten Standort betreten hat.
   Außerdem müssen alle leitenden Teile, die vom Bedienungsstandort aus berührt werden können, miteinander verbunden sein.
2. Die Bedienungsstandorte bestehen aus leitendem Werkstoff und werden mit den übrigen leitenden Teilen verbunden. Das gefahrlose Betreten dieser Bedienungsstandorte muß durch eine isolierende Umrandung von mindestens 1,3 m Breite sichergestellt werden, z. B. durch Gummi oder Linoleum oder in Freiluftanlagen durch groben, schlecht leitenden Schotter, z. B. Basalt.
3. Alle Bedienungsgriffe und leitenden Teile, die bei der Betätigung und Bedienung der Anlage berührt werden können, werden von den übrigen leitenden Teilen der Anlage, z. B. den Traggerüsten, für volle Leiter-Erdspannung, isoliert. Diese zusätzliche Schutzmaßnahme wird in der Regel nur in Stationen aus Mauerwerk, Holz oder dgl. durchgeführt.

D. Zusammenschluß von Erdungen in Anlagen unter und über 1000 V

§ 14

a) Betriebserdungen von Anlagen unter und über 1000 V dürfen nicht zusammengeschaltet werden.

b) Reine Schutzerdungen von Anlagen unter und über 1000 V sollen zusammengeschaltet werden.

c) Schutzerdungen von Anlagen über 1000 V und Betriebserdungen von Anlagen unter 1000 V sind getrennt anzuordnen.

Ein Zusammenschluß ist jedoch zulässig:

1. wenn die Anlage unter 1000 V lediglich dem Eigenbedarf eines Kraft- oder Umspannwerkes dient;
2. wenn das Netz über 1000 V als Kabelnetz ausgeführt ist und keine Freileitungen enthält, ausgenommen kurze Ausläuferleitungen.

d) Wenn schwierige Erdungsverhältnisse vorliegen, für die Maßnahmen nach § 13 angewendet werden, darf ein Zusammenschluß der in Absatz c) angeführten Erdungen nicht vorgenommen werden.

E. Schutzerdungen bei Freileitungen, Mastschaltern und Mastumspannstellen

§ 15

Bemessung von Schutzerdungen an Freileitungsmasten

a) Schutzerdungen an Freileitungsmasten gemäß VDE 0210 „Vorschriften für den Bau von Starkstromfreileitungen" sind entsprechend Tafel III zu bemessen. (Blitzschutzerdungen siehe §§ 23 - 26).

b) Die Ausbreitungswiderstände von Stahl- oder Eisenbetonmasten brauchen nicht den Werten der Tafel III zu entsprechen, wenn durch geeignete Maßnahmen ein Dauererdschluß am Mast bei Isolatorenschäden oder Isolatorenbruch unwahrscheinlich ist. Solche Maßnahmen sind sorgfältige Überwachung und Prüfung der Isolatoren und entsprechende Anordnung der Leitungen, durch die bei Isolatorenbruch verhindert wird, daß die Leitung auf einen leitenden Teil fällt.

c) Können bei Freileitungen über 60 kV mit Erdseil in Ausnahmefällen weder die Bestimmungen von Absatz a) noch von Absatz b) erfüllt werden, so ist durch sorgfältige Überwachung und Prüfung der Isolatoren sicherzustellen, daß ein Dauererdschluß am Mast bei Isolatorenschäden oder Isolatorenbruch unwahrscheinlich ist.

Tafel III

Bemessung der Schutzerdung

1 Mastart	2 In Netzen ohne Erdschlußlöschung	3 In Netzen mit Erdschlußlöschung	4 In Netzen mit kurzgeerdetem Netzpunkt
	ohne Erdseil		
Stahlmaste, Betonmaste	Ausbreitungswiderstand der Erdung des Einzelmastes mal Erdschlußstrom ≦ 125 V	Ausbreitungswiderstand der Erdung des Einzelmastes mal Erdschlußreststrom ≦ 125 V	Ausbreitungswiderstand der Erdung des Einzelmastes mal Erdschlußstrom ≦ 125 V
	mit Erdseil		
Stahlmaste, Betonmaste, Holzmaste mit Erdleitung (Befestigungspunkt der Isolatoren mit Erdleitung und Erdseil verbunden)	Gesamtausbreitungswiderstand mal Erdschlußstrom ≦ 125 V	Gesamtausbreitungswiderstand mal Erdschlußreststrom ≦ 125 V	Gesamtausbreitungswiderstand mal Erdschlußstrom ≦ 125 V

§ 16

Mastschalter, Mastumspannstellen und Kabelendmaste

a) Die Gerüstteile von Mastschaltern auf Holzmasten mit oder ohne Erdseil sollen in der Regel nicht geerdet, also auch nicht mit den Erdseilen verbunden werden. Wird aber ein Erdseil mit dem Mastschalter verbunden, so darf die Erdung des Erdseiles nicht am gleichen Mast vorgenommen werden.

b) In das Betätigungsgestänge des Mastschalters sind mechanisch zuverlässige Isolatoren einzubauen, die für die gleiche elektrische Festigkeit zu bemessen sind wie die auf der Strecke verwendeten Isolatoren.

Der unter dem Gestängeisolator liegende Teil des Antriebes ist gegen Kriechströme zu erden.

c) Mastschalter auf Stahl- und Betonmasten sowie Kabel auf Kabelendmasten sind stets entsprechend den Bestimmungen für Schutzerdung von Stahlmasten nach § 15a) zu erden.

d) Traggerüste von Mastumspannstellen und von ähnlichen Geräten (z. B. Drosselspulen und Kondensatoren) sind stets entsprechend den Bestimmungen für Schutzerdung von Stahlmasten nach § 15a) zu erden. Sitzen diese Anlageteile auf Holzmasten, so muß die Erdung am Nachbarmast erfolgen.

F. Schutzerdungen ortsveränderlicher Anlagen und Geräte

§ 17

Anlage und Bemessung der Schutzerdungen bei ortsveränderlichen Umspannstellen

a) Die Schutzerdung ortsveränderlicher Anlagen muß den Bestimmungen der §§ 7 bis 9, 11 und 12 entsprechen.

b) Außerdem soll die Umgebung von Transformatorenwagen, z. B. in landwirtschaftlichen Anlagen, so abgesperrt werden, daß ein zufälliges Berühren von Teilen des Wagens, des Anschlußmastes und der Erdleitung verhindert wird.

c) Transformatorenwagen im Anschluß an Freileitungen sind in ausreichender Entfernung, z. B. am nächsten Mast, zu erden. Die Erdleitung ist bis zum Erder frei von Erdberührung zu verlegen. Wird die Erdleitung am Anschlußmast hochgeführt, so muß sie vom Gerüst des Trennschalters einen genügenden Abstand (mindestens etwa 10 cm) haben.

d) Für die Erdung des Trennschalters gelten im übrigen die Bestimmungen von § 15a). Die Verwendung eines Isolierschemels am Transformatorenwagen ist zweckmäßig.

§ 18

Schaltzangen, Schaltstangen und Meßstangen

Schaltzangen, Schaltstangen und Meßstangen dürfen nicht geerdet werden [VDE 0101/XII.37, § 11 l)].

G. Erden und Kurzschließen beim Arbeiten an elektrischen Anlagen

§ 19

Vorrichtungen

a) Die Anschlußstücke der Vorrichtungen müssen einen sicheren Kontakt gewährleisten. Sie sollen für die höchste jeweils zu erwartende Stromstärke, mindestens aber für 200 A Dauerstrom bemessen werden.



b) Die Seile der Vorrichtungen müssen aus Kupfer sein und einen Querschnitt von mindestens 25 mm² haben. Die Seile sollen feindrähtig und schmiegsam sein. Für die Wahl der Seile ist die Kurzschlußstromstärke und -dauer des Netzes an der Arbeitsstelle maßgebend. Tafel IV zeigt die Belastungsfähigkeit verschiedener Seilquerschnitte.

Tafel IV

Querschnitt des Kupferseiles mm	Höchstzuläss. Kurzschlußstrom während einer Dauer von 5 s A
25	2000
35	3000
50	4000
70	6000

c) Ketten dürfen zum Erden oder Kurzschließen nicht verwendet werden.

Ketten sind nur zugelassen, um festzustellen, ob die Leitung spannungslos ist.

§ 20

Erden und Kurzschließen in Kraft- und Umspannwerken sowie in Schalt- und Verbraucheranlagen

Erden und Kurzschließen als Schutzmaßnahme, die nach § 6 von VDE 0105/1936 „Vorschriften nebst Ausführungsregeln für den Betrieb von Starkstromanlagen" verlangt wird, muß in Kraft- und Umspannwerken sowie in Schalt- und Verbraucheranlagen den Anforderungen der §§ 7 bis 9 und 11 und 12 entsprechen.

§ 21

Erden und Kurzschließen in Freileitungen

a) Beim Arbeiten an abgeschalteten Freileitungen ist das Erden und Kurzschließen an den Abschaltstellen und an den Arbeitsstellen gemäß VDE 0105/1936, § 6 durchzuführen.

b) Das Erden und Kurzschließen an der Arbeitsstelle kann am Arbeitsmast oder einem benachbarten Mast vorgenommen werden. Dabei ist folgendes zu beachten:

1. Freileitungen mit Erdseil auf Holz- und Stahlmasten sind durch Anschluß an das Erdseil bzw. an die Stahlmaste zu erden und kurzzuschließen.
2. Bei Freileitungen ohne Erdseil sind die Leiter möglichst gut zu erden und kurzzuschließen. Wenn weder am Arbeitsmast noch an einem benachbarten Mast ein vorschriftsmäßiger Erder vorhanden ist, so ist behelfsmäßig als Erder ein Stahlstab von mindestens 1 m Länge oder ein Erdbohrer von mindestens 0,7 m Länge vollständig in das Erdreich einzutreiben.

c) Sind zwei oder mehr Abschaltstellen vorhanden, so genügt unter 30 kV Betriebsspannung Erden und Kurzschließen an einer Abschaltstelle, wenn die übrigen Abschaltstellen gegen unbefugtes Wiedereinschalten gesichert werden.

d) Wenn an der Arbeitsstelle die Leitungen unterbrochen werden oder die Arbeiten an einer Unterbrechungsstelle vorgenommen werden, müssen die Leiter beiderseits der Trennstelle geerdet und kurzgeschlossen werden.

e) Diese beiden Erdleitungen sind untereinander zu verbinden, falls entsprechend c) die Erdung oder Kurzschließung nur an einer Abschaltstelle vorgenommen wird. Die zur Verbindung benutzten Leitungen und Anschlußstellen müssen den Bestimmungen des § 19 entsprechen.

H. Prüfung der Erdungsanlagen

§ 22

Messung von Ausbreitungswiderständen

a) Für die Messung des Ausbreitungswiderstandes eines Erders sind ein Hilfserder und eine Sonde, die die Bezugserde darstellt, erforderlich. Die Sonde soll von dem zu messenden Erder mindestens 20 m, der Hilfserder mindestens 40 m entfernt sein. Diese Entfernungen müssen bei Erdern großer räumlicher Ausdehnung mindestens das 2,5fache bzw. das 5fache der größten Ausdehnung des zu messenden Erders betragen.

b) Ausbreitungswiderstände von Erdern können gemessen werden:

1. mit Erdungs-Meßbrücken,
2. durch Strom- und Spannungsmessung unter Verwendung eines Spannungsmessers, dessen Widerstand möglichst hoch, mindestens das 15fache des Ausbreitungswiderstandes der Sonde sein soll. Hierbei wird zwischen dem Hilfserder eine Wechselspannung angelegt und der Strom I (in A) sowie die Spannung U (in V) zwischen Erder und Sonde gemessen. Der Ausbreitungswiderstand R_A (in Ω) ist dann

$$R_A = \frac{U}{I}\,.$$

c) Für eine zuverlässige Überwachung der Ausbreitungswiderstände der Maste empfiehlt es sich, bei Anlagen über 60 kV folgende Widerstandswerte zu ermitteln:

1. Ausbreitungswiderstand des Mastfußes einschließlich der zusätzlichen Erder bei aufliegendem Erdseil,
2. Ausbreitungswiderstand des Mastfußes einschließlich der zusätzlichen Erder bei isoliertem Erdseil,
3. Ausbreitungswiderstand des Mastfußes allein bei isoliertem Erdseil,
4. Ausbreitungswiderstand der zusätzlichen Erder allein bei isoliertem Erdseil.

Der Wert 1 soll mit 40 m Hilfserder- und 20 m Sondenabstand gemessen werden. Wert 2 dient bei Beachtung der Angaben in §§ 23 und 24 zur Beurteilung der Blitzschutzerdung. Die Werte 3 und 4 lassen den Zustand des Mastfußes als Erder und des zusätzlichen Erders erkennen. Sind die Werte 2 bis 4 einander gleich, so berühren sich beide Erder unter Erde.

J. Leitsätze für Blitzschutzerdungen an elektrischen Anlagen

§ 23

Allgemeines

Für Blitzschutzerdungen können beim heutigen Stand der Erkenntnisse nur einige grundsätzliche Richtlinien gegeben werden.

Bei Blitzeinschlägen in geerdete Teile elektrischer Anlagen (Erdseile, Stahl- und Betonmaste von Freileitungen, Gerüste von Freiluftanlagen, Abspanngerüste von Innenraumanlagen) soll der Blitzstrom nach Erde abgeführt werden, ohne daß an dem Ausbreitungswiderstand des Erders dieser Anlageteile ein Spannungsabfall entsteht, der zu Stoßüberschlägen von dem geerdeten Teil nach den unter Spannung stehenden Leitern führt (rückwärtiger Überschlag).

Die Stoßspannung, auf die der geerdete Anlageteil beim Blitzstromdurchgang kommt, hängt ab

1. vom zeitlichen Verlauf des Blitzstromes (Steilheit des Anstieges und Gesamtdauer),
2. vom Scheitelwert des Blitzstromes,
3. von den Erdungsverhältnissen, d. h. von der Art des Erders und seinem Stoß-Ausbreitungswiderstand.

Der Stoß-Ausbreitungswiderstand eines Erders ist eine zeitlich veränderliche Größe und nicht gleich dem mit einer Meßbrücke meßbaren Ausbreitungswiderstand. Allgemein anwendbare Verfahren zur Messung des Stoß-Ausbreitungswiderstandes gibt es noch nicht.

Zu Beginn des Stoßstromdurchganges kann der Stoßausbreitungswiderstand bei allen Erdern, insbesondere bei solchen großer räumlicher Ausdehnung, erheblich größer als der mit üblichem Meßverfahren festgestellte Ausbreitungswiderstand sein.

Bei Erdern geringerer räumlicher Ausdehnung (das sind z. B. Mastfüße, Plattenerder, Staberder bis zu etwa 10 m Länge, Strahlenerder von nicht über 15 m Länge des Einzelstrahles) kann der Stoß-Ausbreitungswiderstand in grober Annäherung gleich dem mit der Brücke meßbaren Ausbreitungswiderstand gesetzt werden.

§ 24

Blitzschutzerdungen an Freileitungsmasten

a) Wegen der wanderwellenförmigen Ausbreitung der Stoßströme bei Blitzeinschlägen ist bei Freileitungen mit Erdseil die Parallelschaltung der Ausbreitungswiderstände benachbarter Maste über die Erdseile in den entscheidenden ersten Mikrosekunden nach dem Blitzeinschlag noch nicht in vollem Maße wirksam. Es kommt also, genau wie bei Freileitungen ohne Erdseil, auf die Erdung des einzelnen Mastes an.

b) Aus Blitzstromstärke-Messungen an Freileitungen und aus Betriebserfahrungen hat sich ergeben, daß im allgemeinen rückwärtige Überschläge bei Anlagen mit Betriebsspannungen von 60 kV und darüber nicht zu erwarten sind, wenn bei jedem Stahl- und Betonmast und bei Holzmasten mit herabgeführter Erdleitung der Ausbreitungswiderstand der Masterdung folgender Näherungsformel entspricht:

$$R_A \leqq \frac{U_{St}}{I_{St}}\,.$$

Darin ist:

R_A der mit der Brücke meßbare Ausbreitungswiderstand der Erdung des Einzelmastes in Ω. Er muß bei Freileitungen mit Erdseil mit vom Mast isoliertem Erdseil gemessen werden.



U_{St} die 50%-Überschlag-Stoßspannung[2]) der Freileitungsisolation in kV.

I_{St} der Scheitelwert der Blitzstromstärke im Mast in kA.

Für I_{St} kann nach den Ergebnissen von Blitzstromstärke-Messungen ein Wert von 60 kA als nur selten überschrittener Höchstwert des Blitzstromes in einem Mast eingesetzt werden.

Bei Anlagen mit Betriebsspannung bis etwa 45 kV ist ein ausreichend niedriger Widerstand von Blitzschutzerdungen vielfach nicht erreichbar.

c) Bei der Herstellung der Masterdungen wird empfohlen, folgende Erfahrungsgrundsätze zu beachten:

1. Es ist besser, statt eines sehr tiefen Staberders mehrere weniger tiefe Staberder in der Umgebung des Mastes anzuordnen.
2. Bei gleichem Längenaufwand von Seil oder Band ist ein Mehrstrahlenerder besser als ein Ein- oder Zweistrahlenerder.

²) 50%-Überschlag-Stoßspannung ist gemäß VDE 0450/1939 diejenige Stoßspannung, bei deren wiederholter Anwendung etwa 50% aller Stöße zum Überschlag am Prüfling führen.
Wenn nicht anders angegeben, bezieht sich die 50%-Überschlag-Stoßspannung auf eine Prüfung mit einer Stoßwelle, deren Stirnzeit 1 µs und deren Rückenhalbwertzeit 50 µs betragen (genormte VDE-Stoßspannung 1|50).

d) Bei der Messung des Ausbreitungswiderstandes von Freileitungsmasten zur Prüfung der Blitzschutzerdung müssen die Erdseile während der Messung vom Mast für die Meßspannung isoliert sein.

§ 25

Erdung der Erdseile von Freileitungen

a) Erdseile sind bei geeigneter Anordnung ein wirksamer Schutz gegen Blitzschläge in die Leiterseile. Diese Schutzwirkung ist aber nur bei ausreichender Blitzschutzerdung der Maste vorhanden (siehe § 24).

b) Bei Freileitungen mit Holzmasten sollen Erdseile möglichst in Abständen von etwa 100 bis 200 m geerdet werden.

§ 26

Blitzschutzerdungen in Kraft- und Umspannwerken

a) Erdseile von Freileitungen sollen (möglichst über den Leiterseilen) bis zum Werk weitergeführt und mit der Erdungsanlage des Werkes verbunden werden.

b) Für die Blitzschutzerdungen von Eisengerüsten in Freiluftanlagen gelten dieselben Bestimmungen wie für Stahl- und Betonmaste [siehe § 24a) und b)].

c) Die Gebäudeblitzableiter von Kraft- und Umspannwerken sollen nach Möglichkeit getrennt von den Erdleitungen der Hochspannungsanlagen verlegt und an gesonderte Erder geführt werden.

Vorschriften für Leitungsschutzsicherungen mit geschlossenem Schmelzeinsatz 500 V bis 200 A

VDE-Ausschuß für Sicherungswesen

DK 621.316.923(083.133.1)

VDE 0635

Entwurf

Einspruchsfrist: 21. April 1941

Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfes auf eigene Gefahr

Änderung der ab 1. 1. 1941 gültigen Fassung

§ 1

Geltungsbeginn

Die Vorschriften treten am 1. Januar 1941 in Kraft.

Für die Herstellung gelten daneben für Schmelzeinsätze bis 60 A die bisherigen Vorschriften VDE 0610/XII. 40 bis zum 30. Juni 1941, für Schmelzeinsätze über 60 A und für alle anderen Teile von Sicherungen die Vorschriften VDE 0610/XII. 40 bis zum 31. Dezember 1941.

Für die Verwendung bleiben solche Erzeugnisse, die bis zu diesen Terminen nach früheren VDE-Bestimmungen fertiggestellt sind, auch weiterhin zulässig, wenn ihre Verwendung nicht ausdrücklich durch eine VDE-Vorschrift für unzulässig erklärt ist.

Untersuchungen an Blenden mit Zentimeterwellen

DK 538.566.029.64

In der Arbeit wird über Messungen der Intensitätsverteilung hinter Blenden im Fernfeld eines Ultrakurzwellensenders berichtet[1]). Um den Versuchsaufbau klein zu halten, wird bei 14,1 cm bzw. 7 cm Wellenlänge gemessen. Die Hochfrequenzerzeugung geschieht mittels eines Bremsfeldgenerators bzw. einer Magnetfeldröhre, deren Dipole in einem Parabolspiegel mit senkrechter Polarisation arbeiten. Außerdem ist vor dem Sendedipol ein Reflektordipol angebracht. Diese Anordnung ergibt bei dem 14,1 cm-Sender eine etwa 40fache Energieverstärkung gegenüber dem Strahler ohne Spiegel und Reflektor. Empfangen wird mit einem $\lambda/2$-Dipol, in dessen Mitte ein Hitzdraht in der normalen Brückenschaltung als Bolometer geschaltet ist. Die Messungen wurden im Freien vorgenommen; um Einflüsse des Erdbodens möglichst auszuschalten, waren die Geräte in 2 m Höhe über dem Erdboden aufgestellt. Die Entfernung der Blenden vom Spiegelscheitel des Senders ist bei allen Messungen gleich der 40fachen Wellenlänge. Die Blenden selbst sind in eine $1{,}70 \times 1{,}70\ m^2$ große Schirmplatte aus 2 mm starkem Aluminium eingesetzt. Die verwendeten Öffnungen sind spaltförmig waagerecht und senkrecht sowie kreisrund und quadratisch. Bei allen Messungen zeigte sich ein periodisches Schwanken der Intensität hinter der Blende. Für jede Öffnung der Blende ergab sich ein Maximum der Intensität. Je größer der Abstand des Empfängers von der Blende wird, desto größer muß auch die Öffnung der Blende sein, um an der betreffenden Stelle das Intensitätsmaximum zu erhalten. Je größer der Abstand des Empfängers von der Blende wird, desto homogener wird das Feld auch bei verschiedenartigen Blenden; man kann also auch hinter der Blende ein Nah- und ein Fernfeld unterscheiden. Als wichtigstes Ergebnis der Untersuchungen zeigte sich, daß in richtigem Abstand hinter der Blende eine Verstärkung der Intensität bis zum 5-fachen der Intensität ohne Verwenden einer Blende auftritt. Diese Erscheinung der Intensitätskonzentration auf einen kleinen Bereich wird am stärksten bei Benutzung von kreisförmigen Blenden. Eine weitere Intensitätssteigerung erhält man durch Hintereinanderschalten mehrerer Blenden. Andere Messungen beschäftigten sich mit der Intensitätsverteilung senkrecht zur Strahlungsrichtung bei konstantem Abstand von der Blendenebene. Hier zeigte sich, wie auch aus den Ergebnissen der Optik zu vermuten ist, eine in mehrere Maxima aufgespaltene Intensitätsverteilung. Der Vergleich der Messungen bei den beiden genannten Wellenlängen ergibt, wenn die Entfernungen in Vielfachen der Wellenlängen aufgetragen werden, gleichartige Ergebnisse. Die bei $\lambda = 14{,}1$ cm beobachteten Nebenmaxima der Intensität hinter der Blende lassen sich auf Reflexionen durch den Erdboden zurückführen. Zum Schluß wurde versucht, mittels einer Formel aus der Optik die Intensitätsverteilung hinter den kreisförmigen Blenden für die benutzten Wellenlängen auszurechnen. Für das in der Entfernung einiger Wellenlängen hinter der Blende liegende Hauptmaximum und für den weiteren Intensitätsverlauf ergab sich eine befriedigende Übereinstimmung. *Drg.*

¹) K. Erler, Z. Hochfrequenztechn. 56 (1940) S. 104; 9 S., 13 B.

RUNDSCHAU

Meßgeräte und Meßverfahren

DK 621.317.374

Verlustwinkelmessungen bei Hochfrequenz. [Nach W. Holzmüller, Phys. Z. 41 (1940) S. 356; 4½ S., 3 B.]

Zur Bestimmung der Temperaturabhängigkeit des Verlustwinkels einer Anzahl hochpolymerer organischer Verbindungen verwendet W. Holzmüller eine Hochfrequenzmeßbrücke[1]). Die eigentliche Brücke (Bild 1a) besteht aus einer in der Mitte angezapften Spule, dem Meß- und dem Vergleichskondensator C_m und C_v. Natürlich erlaubt diese Anordnung nur einen teilweisen Ausgleich. Die durch den mit Verlusten behafteten Kondensator hervorgerufene Phasenverschiebung wird nicht abgeglichen, sondern die an der Diagonale auftretende Restspannung U_3 wird durch ein gleichzeitig als Brückenindikator dienendes einstufiges Röhrenvoltmeter gemessen. Zur Berechnung des Verlustwinkels sind ferner die Spannungen U_1 und U_2 am Meß- und Vergleichskondensator zu bestimmen. Auch dies geschieht durch zwei einfache Röhrenvoltmeter. Der Verzicht auf komplexes Abgleichen bringt außer der für Hochfrequenz vorteilhaften Vermeidung ohmscher Widerstände ein erleichtertes Bedienen und erhebliches Abkürzen der Meßdauer. In Bild 1b bedeutet I den auf U_2 senkrechten Gesamtstrom, I_1 und I_2 Wirk- und Blindstrom in C_m, AD und BD die Spannungen an den beiden Spulenenden. Sind die beiden Spulenhälften elektrisch hinreichend gleich, so steht CD bei Einstellung einer minimalen Spannung U_3 auf AB senkrecht. Dann ist $\sin \alpha = U_3/U_1$, $\sin \beta = U_3/U_2$, $\vartheta_1 = \alpha + \beta$. Dabei ist zu beachten, daß sowohl Meß- als auch Vergleichskondensator um die Zuleitungskapazitäten C_m' und C_v' gegen Gehäuse und Abschirmung vergrößert sind. Diese Erdkapazitäten werden bestimmt, indem der Meßkondensator mit Luft als Dielektrikum auf genau bekannten Plattenabstand eingestellt wird und die Spannungen U_1 und U_2 bei verschiedenen Werten des Vergleichskondensators gemessen werden. Wird dann das Dielektrikum eingelegt, so ist der gesuchte Verlustwinkel ϑ gegeben durch

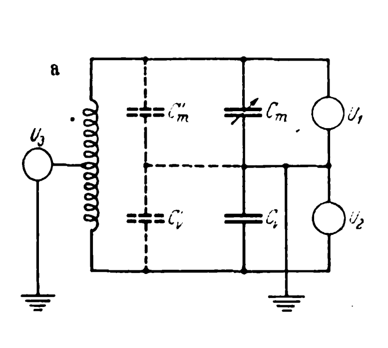


Bild 1a. Schaltung des Meßkreises.

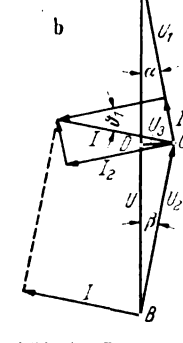


Bild 1b. Zugehöriges Zeigerbild.

$$C_m = \frac{U_2}{U_1}(C_v + C_v') \cos \vartheta_1 - C_m', \qquad \operatorname{tg} \vartheta = \frac{C_m + C_m'}{C_m} \operatorname{tg} \vartheta_1 .$$

Die Empfindlichkeit läßt sich wesentlich steigern, wenn parallel zum Meßkondensator ein hochohmiger Widerstand geschaltet und der Verlustwinkel zunächst mit Luft und dann mit dem zu untersuchenden Stoff bestimmt wird. Diese Maßnahme steigert die Meßgenauigkeit von $\operatorname{tg} \vartheta = 2{,}5 \cdot 10^{-4}$ auf etwa $0{,}5 \cdot 10^{-4}$. *Br.*

[1]) S. a. L. Rohde u. G. Wedemeyer, Die Messung von Verlusten bei Hochspannung hoher Frequenz. ETZ 61 (1940) S. 577 u. 1161. — ETZ 61 (1940) S. 1081.

Bekanntmachungen über Prüfungen und Beglaubigungen durch die Elektrischen Prüfämter

DK 621.317.785

Nr. 543. Induktionszähler für einphasigen Wechselstrom bzw. Drehstrom.

(Amtsbl. der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt 15. Reihe Nr. 8)

Auf Grund des § 10 des Gesetzes, betreffend die elektrischen Maßeinheiten, vom 1. Juni 1898 (Reichsgesetzbl. S. 905) werden den Systemen 197 und 161 folgende Elektrizitätszählerformen als Zusatz eingereiht:

I. Zusatz zu System 197, die Formen CG8', DG8', CG8'd und DG8'd, Induktionszähler für einphasigen Wechselstrom,

II. Zusatz zu System 197, die Formen CG9', DG9', CG9'd und DG9'd, Induktionszähler für einphasigen Wechselstrom,

III. Zusatz zu System 197, die Formen CG11, DG11, CG11d und DG11d, Induktionszähler für einphasigen Wechselstrom,

IV. Zusatz zu System 197, die Form CG12, Induktionszähler für einphasigen Wechselstrom,

V. Zusatz zu System 161, die Formen MG9 und MG9d, Induktionszähler für Drehstrom mit und ohne Nulleiter, sämtlich hergestellt von der Firma Paul Firchow Nachfgr. Aktiengesellschaft in Berlin.

DK 621.317.785

Nr. 544. Induktionszähler für mehrphasigen Wechselstrom.

(Amtsbl. der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt 15. Reihe Nr. 8.)

Auf Grund des § 10 des Gesetzes, betreffend die elektrischen Maßeinheiten, vom 1. Juni 1898 (Reichsgesetzbl. S. 905) sind die folgenden Elektrizitätszählerformen zur Beglaubigung durch die Elektrischen Prüfämter im Deutschen Reiche zugelassen und ist ihnen das beigesetzte Systemzeichen zuerteilt worden:

System 208, die Formen ABD3Fu und ABD3Fua, Induktionszähler für mehrphasigen Wechselstrom, hergestellt von der Firma Danubia Aktien-Gesellschaft in Wien.

DK 621.317.785

Nr. 545. Induktionszähler für Drehstrom.

(Amtsbl. der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt 15. Reihe Nr. 8.)

Auf Grund des § 10 des Gesetzes, betreffend die elektrischen Maßeinheiten, vom 1. Juni 1898 (Reichsgesetzbl. S. 905) werden dem System 200 folgende Elektrizitätszählerformen als Zusatz eingereiht:

Zusatz zu System 200, die Formen EM8a, EM8aR, EM8aK, EM8af, EM8aL, EM8aRL, EM8aKL, EM8afL, EM8aS, EM8aRK und EM8aRf, Induktionszähler für Drehstrom mit Nulleiter, hergestellt von der Firma Heliowatt Werke Elektrizitäts-Aktiengesellschaft in Berlin-Charlottenburg.

Berlin-Charlottenburg, den 7. Februar 1941.

Der Präsident der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt
In Vertretung
Möller

Geräte und Stromrichter

DK 621.316.71

Stabilitätsuntersuchungen an unstetigen Reglern, dargestellt an Hand einer Kontaktnachlaufsteuerung. [Nach F. F. Krautwig, Arch. Elektrotechn. 35 (1941) H. 2; S. 117; 9 S., 7 B.]

Ein Regler macht eine physikalische Größe, den Istwert, unabhängig von bestimmten Einflußgrößen gleich einem vorgegebenen Sollwert. Stetige Regler enthalten nur Bauelemente (1. Meßorgane für die auszuregelnde Abweichung zwischen Ist- und Sollwert, 2. von diesen gespeiste Verstellorgane zur Veränderung des Istwertes), deren Ausgangsgrößen von ihren Eingangsgrößen stetig abhängen. Mittelwertsregler enthalten Bauelemente, deren Ausgangsgrößen periodisch um einen Mittelwert schwanken, wobei aber der Mittelwert stetig von den Eingangsgrößen abhängt. Die dynamischen Eigenschaften dieser beiden Gruppen sind analytisch berechenbar, und man kann Maßnahmen zu ihrer Verbesserung treffen (Dämpfung, Rückführung), deren optimale Wirkung im voraus angebbar ist. Stetige Regler sind heute in steigendem Maße Röhrenregler.

Insbesondere zur Lösung von Regelaufgaben mit Verstellorganen relativ kleiner Leistung können Kontaktregler dienen, die den Vorteil eines geringen Aufwandes und guten Wirkungsgrades (keine Röhrenverluste) haben. Ihr dynamisches Verhalten ist mit den für stetige Regler entwickelten Methoden nicht vorausberechenbar. Es wird ein allgemeines Verfahren zur Vorausberechnung der Stabilitätsgrenzen solcher unstetiger Regler aus seinen Dimensionierungsgrößen angegeben.

Auf eine Kontaktnachlaufsteuerung (Drehmomentverstärker) als Beispiel angewendet ergibt sich, daß seine dynamischen Eigenschaften durch drei Größen, das bezogene Kontaktspiel k, das bezogene Zahnspiel z und das Reibungsverhältnis r bestimmt sind. Zu jedem Wertepaar (z, r) gibt es ein kritisches Kontaktspiel k_k, oberhalb dessen die Anordnung stabil ist. Dieser Zusammenhang ist für zwei verschiedene mechanische Belastungsfälle des Verstärkers in Kurvenform dargestellt. Aus diesen Kurven kann man entnehmen, erstens ob eine vorgegebene Anordnung stabil ist oder nicht und zweitens, in welcher Weise man die Dimensionierungsgrößen (z. B. Reibungsmoment, Trägheitsmoment, Antriebsspannung, Dämpfungsmoment usw.) abändern muß, um das System zu stabilisieren.

Verkehrstechnik

DK 621.396.76 : 629.13

Sicherheit der Flugnavigation durch den Funkkompaß. [Nach J. Bouchard, Rev. gén. Électr. 47 (1940) S. 269 u. 304; 17 S., 19 B.]

Die Möglichkeit, das Flugzeug in der Luft mit dem Boden durch funktechnische Mittel zu verbinden, ist nicht auf den reinen Nachrichtenaustausch beschränkt geblieben. Es wurden Verfahren entwickelt, die besonders für unsichtige Wetterlagen eine genaue Flugnavigation und Standortbestimmung gestatten sowie auch der Navigation in der Senkrechten, z. B. beim Landevorgang, weisende oder steuernde Hilfen vermitteln. Je nach der Zielsetzung der Aufgabe, dem bordseitig für tragbar erachteten Aufwand oder den sonst noch maßgeblichen Einflüssen bezüglich Genauigkeit, Reichweite, Wellenlänge u. a. wurden eine ganze Anzahl von Verfahren entwickelt und bekannt; es ist schwierig, diese wegen ihrer Verschiedenartigkeit zu klassifizieren. Die vorliegende Arbeit teilt ein in Funkleitverfahren, die einen Richtempfänger oder einen Richtsender oder beide benutzen. Das Verfahren, das einen Richtempfänger (Peilgerät) an Bord des Flugzeugs benutzt und in Frankreich bzw. in den V. S. Amerika zu einem selbsttätig arbeitenden Gerät als Funkkompaß nach Busignies entwickelt wurde, wird ausführlich behandelt und bildet den Hauptteil der Veröffentlichung.

Der Aufbau des Funkkompasses ist in Bild 2 schematisch dargestellt[1]). Der Empfangsrahmen an Bord des Flugzeugs dreht sich mit einer bestimmten Geschwindigkeit, z. B. 5 U/s, die Frequenz der infolge der Doppelkreiskennlinie des Peilrahmens entstehenden Maxima und Minima der auf den Empfänger gelangenden Spannung beträgt alsdann den doppelten Wert. Die Phasenlage der Maxima und Minima zu einer zeitlich festgelegten Nullage entsprechend der Längsachse des Flugzeugs wird gemessen und ist ein Wert für den Kurs, unter dem der gepeilte Sender anliegt. Die vom Peilrahmen aufgenommene pulsende HF-Spannung wird verstärkt und gleichgerichtet. Die entsprechende NF-Spannung wird nochmals gleichgerichtet und liefert einen pulsenden Strom von 10 Hz, dessen Phasenlage der Lage der Maxima bzw. Minima der Peilung entspricht. Die Anzeige der Phase geschieht durch eine Phasenmessung, indem man die Wechselspannung auf eine in einem Drehfeld bewegliche Anzeigespule gibt. Das Drehfeld wird durch eine mit dem Drehrahmen umlaufende Potentiometeranordnung erzeugt. Die Anzeigespule steht jeweils senkrecht zu dem Drehfluß in dem Augenblick, wo der sie durchfließende Strom seinen Maximalwert hat, und gibt die Phasenlage des Empfangswechselstromes bzw. die Gradzahl der Richtung an, aus der die Welle des gepeilten Senders einfällt.

1 Drehrahmen
2, 3 Empfänger, Verstärker
4 Anzeige
5 Drehpotentiometer
6 Leerkontakte
7 Motor
8 Untersetzungsgetriebe
9 Drehfeldgenerator
10 Isolierkupplung

Bild 2. Grundaufbau des Funkkompasses.

Im zweiten Teil der Veröffentlichung werden die mathematischen Zusammenhänge des Meßverfahrens entwickelt und die Fehlermöglichkeiten untersucht; die Gerätefehler sind durch eine ausgereifte Konstruktion praktisch bedeutungslos. Der Gesamtpeilfehler wird bei einer Entfernung von 300 km und einer Senderleistung von 300 W zu ± 2° angegeben. Bemerkenswert ist eine geringe Empfindlichkeit gegen atmosphärische Störungen sowie eine hohe Selektivität gegen frequenzbenachbarte Störsender, jedoch können dämmerungs- und nachteffektfreie Peilungen nicht genommen werden. [Anm. d. Ber.: Die Vorteile des Funkkompasses der beschriebenen Art gegenüber dem in Deutschland benutzten Eigenpeilgerät, wie Daueranzeige der Peilung, leichtes Ermitteln des Vorhaltewinkels beim Zielflug, Entbehrung des Bordfunkers für die Bedienung u. a., werden durch ein wesentlich komplizierteres Bordgerät erkauft. Die technische Leistung des Gerätes ist beachtlich. Die Entwicklung dieses Kompasses und seine Einführung in Frankreich auf breiter Grundlage dürfte im wesentlichen luftwaffentechnische Gründe gehabt haben, da man sich in der Fernnavigation mit diesem Gerät bestimmte Erfolge versprach (brauchbare Peilreichweiten von 1500 km). Ob eine weitere Verwendung des Funkkompasses und seine zwischenstaatliche Einführung u. U. für überseeische Fernnavigation nach dem Kriege in Betracht kommt, kann heute noch nicht gesagt werden.] *Zm.*

DK 621.331.3.5(47)

Die Wahl der Stromart für den Bahnbetrieb in der UdSSR. [Nach A. G. Lebedev u. A. S. Dimitradse, Elektritschestwo 61 (1940) H. 6, S. 1, 3 u. 9; 11½ S.]

Der elektrische Zugverkehr kann in Rußland jetzt auf ein 10jähriges Bestehen zurückblicken. Es sind rd. 1700 km auf elektrischen Betrieb umgestellt und etwa 200 elektrische Lokomotiven vorhanden. Der dritte Fünfjahresplan sieht einen weiteren erheblichen Ausbau des elektrischen Bahnnetzes vor: Es sollen 1840 km elektrisch eingerichtet werden, wodurch der Anteil der elektrisch betriebenen Strecken auf 3% des Gesamtnetzes anwachsen wird. Noch größer ist der Anteil des Güterverkehrs auf den elektrisierten Strecken, der 1942 erwartungsgemäß mit 510 Mrd tkm 7,8% des Gesamtumsatzes ausmachen wird. Trotz dieses starken Ausbaues ist man sich in Rußland immer noch nicht im klaren darüber, ob der z. Z. benutzte Gleichstrom von 3000 V für die russischen Verhältnisse mit den weiten Entfernungen und schweren Zuggewichten die günstigste Stromart ist; er wurde zu Beginn des Ausbaus gewählt, ohne daß seine Zweckmäßigkeit eingehend nachgeprüft wurde. Später durchgeführte Untersuchungen führten zu der Ansicht, daß Wechselstrom von 50 Hz mehr Vorteile bietet, jedoch standen seiner Einführung noch verschiedene ungeklärte technische Schwierigkeiten im Wege.

[1]) Vgl. ETZ 58 (1937) S. 1349. — ETZ 61 (1940) S. 380.

Im September 1939 wurde beschlossen, die Untersuchungen über die Stromart in größerem Umfange aufzunehmen, um eine endgültige Klärung in der Frage herbeizuführen. Außer eingehenden theoretischen Untersuchungen sollen auch Versuchsausführungen gebaut werden. Maßgebend bei der Beurteilung sollen nicht allein die Vorteile sein, die sich für den Zugbetrieb ergeben, sondern auch die, die der allgemeinen Landesversorgung, der Landwirtschaft u. a. zugute kommen, wodurch die Fragestellung wesentlich erschwert ist. Bei der Berechnung der Bahnanlage- und Betriebskosten treten insofern Schwierigkeiten auf, als nicht alle von den zum Vergleich stehenden Stromarten bereits ausgeführt sind und somit Erfahrungswerte hierüber fehlen. Bei den technischen Fragen sind insbesondere Betriebssicherheit, Anpassungsfähigkeit an die Forderungen des neuzeitlichen Schnell- und Massenverkehrs, künftige Ausbaufähigkeit bei wachsenden Verkehrsanforderungen, Energieerzeugung sowie Beeinflussung der Schwachstromleitungen, die möglichst gering sein soll, zu berücksichtigen. Größtmögliche Einfachheit in der Ausführung soll angestrebt, Fern- und Nahverkehr möglichst verknüpft werden, obwohl damit zu rechnen ist, daß die gleichzeitige Wahl zweier Stromsysteme, die sich den einzelnen Anforderungen besser anpassen, Vorteile bieten kann.

Insgesamt werden vier Stromarten zur näheren Auswahl vorgesehen: 1. Gleichstrom von 3000 V, 2. Gleichstrom höherer Spannung von etwa 4500 bis 6000 V, 3. Wechselstrom von $16^2/_3$ Hz und 4. Wechselstrom von 50 Hz. Gleichstrom von 3000 V bietet keine Schwierigkeiten mehr; infolge der verhältnismäßig niedrigen Fahrdrahtspannung ist lediglich die Speisung umständlich. Gleichstrom höherer Spannung verspricht nach den durchgeführten Rechnungen günstige Ergebnisse; es sind jedoch eingehende Versuche erforderlich, da es sich hier um ein wenig erforschtes Gebiet handelt. Wechselstrom von $16^2/_3$ Hz ist stark verbreitet und gut durchgearbeitet. Weitere Untersuchungen dürften sich erübrigen; lediglich der Frage der Umformung durch Umrichter wäre Beachtung zu schenken. Wechselstrom von 50 Hz hat bei den theoretischen Untersuchungen zu recht günstigen Ergebnissen geführt; sein größter Vorteil besteht darin, daß er sich leicht mit der Landesversorgung, die die gleiche Frequenz hat, verknüpfen läßt. Einer seiner großen Nachteile liegt darin, daß er ungleiche Phasenbelastung des Netzes ergibt. Da die Motorspannung im Fahrzeug umgeformt werden muß, ist man in der Wahl der Fahrdrahtspannung unabhängig und kann sie recht hoch setzen. Die Schwierigkeiten, die der Wechselstrom-Kommutatormotor bei hohen Anfahrströmen bietet, und die in Amerika dazu führten, daß selbst bei 25 Hz die schweren Lokomotiven mit Umformern gebaut werden, lassen sich dadurch vermeiden, daß man nach amerikanischem Muster ebenfalls zu Umformerlokomotiven übergeht. Die Auswahl an verschiedenartigen Ausführungen der Antriebsmotoren ist recht groß. Entsprechend ist auch die zu leistende Versuchsarbeit bei den Untersuchungen recht erheblich, zumal diese Stromart kaum ausgeführt ist und die Versuchsstrecken in Deutschland[1]) und Ungarn[2]) nach Ansicht der Verfasser noch kein abschließendes Urteil erlauben. *Wh.*

[1]) O. Michel, Die elektrische Zugförderung im Großdeutschen Reich, ETZ 60 (1939) S. 1366.

[2]) H. Tetzlaff, Phasenumformerlokomotive der Königl. Ungarischen Staatsbahnen, ETZ 51 (1934) S. 552.

Fernmeldetechnik

DK 621.385.1

Die Elektronenbahnen in Mehrgitterröhren. [Nach J. L. H. Jonker, Philips techn. Rdsch. 5 (1940) S. 131; 10 S., 10 B.]

Bei Tetroden und Pentoden nimmt der Anodenstrom mit wachsender Anodenspannung stark zu und erreicht bei einer Anodenspannung von etwa 10% der Schirmgitterspannung seinen Sättigungswert. Es ist wünschenswert, die Anodenspannung, bei welcher die Sättigung auftritt, möglichst niedrig zu halten. Dies kann dadurch geschehen, daß man dafür sorgt, daß die Elektronen durch die Drähte der verschiedenen Gitter nicht zu stark abgebogen werden. Die Abbeugung der Elektronen durch Gitterdrähte und ihr Einfluß auf die Anodenstrom-Anodenspannungscharakteristik von Tetroden und Pentoden wurden theoretisch und experimentell untersucht. Als Maßnahme zur Verringerung der Abbeugung werden genannt:

1. geringe Steigung des Steuer- bzw. Schirmgitters,
2. Anordnung der Schirmgitterdrähte im Elektronenschatten des Steuergitters,
3. große Steigung des Fanggitters,
4. Anordnung des Fanggitters im geringen Abstand von der Anode. *Wss.*

DK 621.385.16

Die Wirkungsweise der Vierschlitz-Magnetfeldröhre. [Nach I. Runge, Telefunkenröhre 18 (1940) S. 1; 17 S., 11 B.]

Für die Erklärung der Wirkungsweise der Magnetfeldröhren müßte man das Zusammenwirken aller Elektronen sämtlicher Austrittsrichtungen und -phasen übersehen können. Da die Elektronenbahnen sich unter dem Einfluß der hochfrequenten Wechselspannung ändern, ist eine exakte Lösung dieser Aufgabe nicht möglich. In der vorliegenden Arbeit werden daher die verschiedenen Einflüsse auf die Elektronenbahnen getrennt behandelt, um aus ihnen dann die Gesamtwirkung aller Elektronen zusammenzusetzen. Der Einfluß der überlagerten Wechselfelder wird zunächst für ein ebenes System durchgerechnet. Im ebenen Gleichspannungsfeld als y-Richtung mit senkrecht dazustehendem Magnetfeld ist die Elektronenbahn eine gewöhnliche Zykloide. Mit einem zusätzlichen Wechselfeld in der y-Richtung ist die Bahn eine Zykloide mit veränderlichem Rollkreis, ebenso mit einem Wechselfeld senkrecht zur y-Achse, wie es den tangentialen Feldern der Magnetfeldröhre entspricht. Ferner werden Zusatzfelder betrachtet, die nur an bestimmten Stellen des Raumes wirken, unter deren Einfluß das Elektron also nur beim Durchlaufen gewisser Teile seiner Bahn gerät. Für die erstgenannte Richtung treten vergrößerte und verkleinerte Zykloiden auf, bei denen zugleich der Rollkreis langsam wächst. Für die dazu senkrechte Richtung des Zusatzfeldes wächst der Rollkreisradius bei abwärts gerichteter Leitlinie für positive Feldrichtung, während für negative Feldrichtung der Rollkreisradius bei aufwärts gerichteter Leitlinie abnimmt. In zylindrischen Systemen läßt sich die Elektronenbahn in einem radialen Gleichfeld mit Magnetfeld für gewisse Potentialverteilungen exakt berechnen. Um aber überlagerte Wechselfelder berücksichtigen zu können, wird hier die Vereinfachung gemacht, daß sich das tangentiale Wechselfeld auf ein enges Gebiet am Rand des kreisförmigen Entladungsraumes zusammenzieht. Es bewegt sich also das Elektron fast auf der ganzen Bahn nur unter dem Einfluß des radialen Gleichfeldes, im Kulminationspunkt jedoch wird ihm durch das Durchfliegen einer kurzen starken Feldzone eine plötzliche Zusatzgeschwindigkeit erteilt. Die durch diese positive oder negative Zusatzgeschwindigkeit bewirkte Bahnänderung wird nun berechnet. Der Einfluß eines länger auf das Elektron einwirkenden Wechselfeldes läßt sich daraus erkennen. Elektronen, die ein radiales Zusatzfeld erfahren, deren Kulminationspunkte also in der Nähe der Segmentmitten liegen, werden im wesentlichen wie im ebenen Fall nur ihre Bahnkurven vergrößern oder verkleinern. Elektronen dagegen, die z. B. an den Schlitzen in ein tangentiales Feld geraten, erleiden eine Ablenkung der Leitlinie ihrer Bahn, und zwar bei Energieaufnahme eine Ablenkung nach innen, bei Energieabgabe nach außen. Im folgenden wird untersucht, wie sich für die Gesamtheit der Elektronen aller Austrittsphasen und -richtungen die Wirkungen zusammensetzen. Es zeigt sich dabei, daß fortwährend ein Austausch zwischen neutralen, falschphasigen und richtigphasigen Elektronen stattfindet, und zwar wird jedes Elektron, das einmal falschphasig war, beim nächsten Umlauf richtigphasig und bleibt es auch während mehrerer Umläufe (mehrmalige Entdämpfung). Dabei verliert es aber bei jedem Umlauf an Energie, bis es wieder außer Tritt fällt, sofern es nicht vorher schon die Anode erreicht hat. Richtigphasige Elektronen gelangen also allmählich nach außen, falschphasige nach innen. Bei diesen Magnetfeldröhrenschwingungen ($n = 2$) tritt ein Wirkungsgrad von etwa 50% auf. Dieser hohe Wert wird in erster Linie auf die vorhergenannten Eigenschaften zurückgeführt. Für die halbe Schwingkreisfrequenz ($n = 4$) sind die Verhältnisse gänzlich verändert. Richtigphasige Elektronen werden schon nach zwei Umläufen falschphasig, und der Wirkungsgrad $\eta = 20\%$ entspricht höchstens der einmaligen Entdämpfung. *Drg.*

DK 621.396.029.63

Eigenschwingungen elektrischer Hohlraumresonatoren. [Nach W. L. Barrow u. W. W. Mieher, Proc. Inst. Radio Engrs., N. Y. 28 (1940) S. 184; 8 S., 10 B.]

Die Arbeit bringt eine kurze Zusammenfassung der für die Berechnung der Eigenfrequenzen zweier Ausführungen von Hohlraumresonatoren[1]) erforderlichen Formeln und anschließend ausführliche Meßreihen, die mit einem veränderlichen Meßresonator aufgenommen wurden. Die betrachteten Resonatorformen sind der vollkommen koaxiale Resonator, be-

[1]) S. a. O. Schriever, Physik und Technik des Hohlraumleiters, ETZ 61 (1940) H. 33, S. 749 und F. Borgnis, Elektromagnetische Hohlraumresonatoren in der Kurzwellentechnik, ETZ 61 (1940) H. 21, S. 461. Dort weitere Schrifttumsangaben über Hohlraumleiter.



stehend aus einer beiderseits abgeschlossenen konzentrischen Rohrleitung, und der vollkommen zylindrische Resonator, ein beiderseits geschlossenes Rohrstück. Dieser Resonator entsteht aus dem erstgenannten durch Weglassen des Innenleiters. Das Übergangsgebiet zwischen beiden Formen, bei dem zwischen dem teilweise ausgezogenen Innenleiter und der einen Endplatte ein Spalt entsteht, wird wegen seiner Wichtigkeit für die praktische Anwendung eingehend behandelt. In diesen Resonatorformen können zwei Wellenarten auftreten: transversal-elektrische Wellen (*TE*) und transversal-magnetische Wellen (*TM*), je nachdem das elektrische oder das magnetische Feld transversal zur Resonatorachse verläuft. In beiden Fällen tritt eine dreifache Mannigfaltigkeit der Schwingungen auf, gekennzeichnet durch drei Indices, die die Anzahl der Halbperioden längs der drei Veränderlichen Winkel, Radius und Länge des Resonators angeben. Die Berechnung der Grund- und Oberschwingungen für beide Schwingungsarten wird mit Hilfe von Besselfunktionen innerhalb der Genauigkeit der ausgeführten Messungen durchgeführt.

Der untersuchte Kupferresonator hat einen Durchmesser von 72,4 cm und ist 59,4 cm lang. Durch die beiden durchbohrten Endplatten können zwei Metallstäbe von 10,2 cm Dmr. mit den Längen D_1, D_2 in den Resonator eingetaucht werden. Die Ankopplung an den Meßsender geschieht über eine konzentrische Rohrleitung mittels kleiner Ankoppelschleifen bzw. kleiner Koppelstäbe, die in eine Endplatte oder in der Mitte des Mantels eingesetzt werden; ebenso erfolgt die Auskopplung mit Schleifen oder Stäben, die an einen Detektorkreis zur Schwingungsanzeige angeschlossen sind. Man erhält maximale Kopplung, wenn die Schleifenebene von den magnetischen Kraftlinien im Resonator senkrecht geschnitten wird oder der Stab tangential zu den elektrischen Kraftlinien eingesetzt ist. Der Ort der Ankopplung ist wesentlich, wenn Schwingungen höherer Ordnung im Resonator festgestellt oder voneinander unterschieden werden sollen. Auf diese Art wurden die zehn niedrigsten Eigenfrequenzen des Resonators in Abhängigkeit von der Länge des Innenleiters D_1/L bei $D_2 = 0$ aufgenommen. Die Messungen der für die Praxis wichtigen $TM_{0,1,0}$-Schwingungen im zylindrischen Resonator und in dem Übergangsgebiet ergeben, daß sich durch Vergrößern von D_1/L beliebig niedrige Eigenfrequenzen einstellen lassen. Das elektrische Feld bildet sich hier hauptsächlich in dem durch das Ende des Innenleiters und der Endplatte gebildeten Kondensator aus, während das magnetische Feld am anderen Ende des Resonators konzentriert ist. Bemerkenswert ist auch die Feldverteilung der $TE_{1,1,1}$-Schwingung im Zylinderresonator, da sie sich besonders für Anwendungen eignet, bei denen die Kopplung mit dem Resonator durch einen Schlitz in seiner Wandung erfolgt. In einer anderen Meßreihe wurde der Einfluß des Ortes des Spaltes längs der Resonatorachse untersucht. Nur bei großen Schlitzbreiten treten wesentliche Frequenzänderungen bei Verschiebung des Spaltes auf, da sich so auch die Induktivitätsänderung des Kreises gegenüber der Kondensatorkapazität als wirksam erweist. Ebenso wurde der Einfluß von verschiedenen Bohrungen in der Abschlußplatte des Innenleiters untersucht. Für $D_1/L < 80\%$ tritt Übereinstimmung mit den Meßwerten für Vollscheiben auf. Eine Ähnlichkeitsbetrachtung ergibt, daß sich bei Änderung aller Abmessungen des Resonators um den Faktor k eine Änderung der Resonanzfrequenz um denselben Wert auftritt. Dies wurde auch durch Messungen an einem Vergleichsresonator bestätigt. *Drg.*

Physik

DK 539.172.4

Spaltprodukte des Urans durch Beschießung mit schnellen Neutronen. [Nach T. Yasaki, Sci. Pap. Inst. phys. chem. Res., Tokio 37 (1940) S. 457; 16 S., 17 B.]

Wie bereits in dieser Zeitschrift[1]) berichtet wurde, hat die Beschießung von Uran mit langsamen Neutronen eine große Zahl von Spaltprodukten ergeben, unter denen wenigstens ein radioaktives Isotop von allen Elementen zwischen Brom (35) und Masurium (43) und Antimon (51) und Lanthan (57) vorkommt. T. Yasaki hat nun Uran mit schnellen Neutronen beschossen. Sie werden erhalten, indem Deutronen in einem Zyklotron bis zu einer Energie von 3 Mill eV beschleunigt und dann auf metallisches Lithium gerichtet werden. Der Deutronenstrom hat eine Stärke von etwa 10 µA. Es gelingt auf diese Weise, vier neue Spaltprodukte des Urans zu erhalten, die chemisch von dem Uran und voneinander getrennt und durch ihre Halbwertzeit identifiziert werden können. Es sind dies Palladium (46), Silber (47), Kadmium (48) und Indium (49). Dabei ist Indium ein Zerfallsprodukt des Kadmiums und wenigstens ein Silberisotop ein Zerfallsprodukt des Palladiums. Außerdem ist die Existenz eines Uran-Isotops vom Atomgewicht 237 und eines langlebigen Isotops eines Elements von der Ordnungszahl 93 wahrscheinlich. *Br.*

1) ETZ 61 (1940) S. 745. Referat aus O. Hahn und F. Straßmann, Phys. Z. 40 (1939) S. 673.

Werkstatt und Baustoffe

DK 621.315.613.9

Isolierbeton mit hohem Isolationswiderstand und großer dielektrischer Festigkeit. [Nach M. E. Lambert, Bull. Soc. franc. Électr. 10 (1940) S. 257; 8 S., 8 B.]

Nach E. Lambert lassen sich Betonmassen herstellen, deren elektrische Eigenschaften im trockenen Zustand denen des Marmors oder Schiefers überlegen sind, ohne die des Elektroporzellans oder -glases zu erreichen. Die Herstellung des Isolierbetons geschieht in Mischern unter Verwendung von Sand und Kies mit der unbedingt notwendigen Menge Wasser und unter Zusatz einer besonderen bituminösen Emulsion. Diese spielt eine wichtige Rolle bei der späteren Verarbeitung, denn sie sichert besonders den Verschluß der kapillaren Kanäle, die sich beim Austreiben des Wassers während der thermischen Nachbehandlung bilden. Ein nachträglicher Feuchtigkeitseintritt in die Masse wird auf diese Weise verhindert. Der verwandte Sand bzw. Kies muß eine ausgewählte Granulierung besitzen, auch eignen sich nicht alle Sorten für die Herstellung; gewisse silikathaltige Stoffe, die von vornherein als geeignet erschienen, haben in der Praxis versagt. Die Formung der Massen soll sorgfältig durchgeführt werden, um eine große Dichte zu erreichen; ebenso ist der Erhärtungsvorgang nach genau festgelegten Regeln zu überwachen. Der Erhärtung folgen mehrere Nachbehandlungen, darunter eine thermische bei nicht zu hohen Temperaturen (die Temperatur ist verschieden je nach dem herzustellenden Gegenstand) und für Gegenstände, die im Freien verwendet werden, schließlich eine Glasur. Isolatoren für Innenräume, z. B. für Backöfen oder elektrische Maschinen, können ohne Glasur verwandt werden.

Die mechanischen Eigenschaften, wie Druck-, Zug- und Biegungsfestigkeit, sind annähernd dieselben wie bei einem guten normalen Beton. In vielen Fällen lassen sich die mechanischen Werte beträchtlich verbessern durch passende Einlagen aus Metall, ohne daß dadurch die elektrischen Eigenschaften wesentlich verändert werden. Der Isolationswiderstand ist im trockenen Zustand größer als 10^6 MΩ · cm²/cm, die Durchschlagsfestigkeit liegt über 10 kV/cm. Bei Beregnung sind die genannten Werte rund 30% niedriger. Hinsichtlich der Durchschlagsfestigkeit ist die Eigenschaft der Isolierbetons zu erwähnen, daß die durchschlagenen Stellen, die im allgemeinen nicht zum Bruch des Werkstückes führen, leicht wieder regeneriert werden können. In einigen Fällen wurde auch eine Selbstregenerierung unter dem Einfluß der Spannung festgestellt. Als besonderer Vorteil wird die Unverbrennlichkeit der Masse genannt. Im Azetylen-Sauerstoffgebläse bilden sich bei längerer Einwirkung der Flamme Krater, und schließlich erweichen die Bestandteile unter Bildung einer teigig-glasigen Masse. Die Isolationsfestigkeit und Durchschlagsfestigkeit sind nach der Hitzeeinwirkung dieselben wie zuvor.

Die erste Verwendung des Werkstoffes in Frankreich liegt etwa 10 Jahre zurück: Der Erfinder baute einen Posten von 150 Halte-Isolatoren für Stromschienen, die Ende 1930 auf der elektrifizierten Strecke Chambery-Modane eingebaut wurden und von denen einige heute noch auf der Strecke liegen. Im Südostbezirk der französischen Staatsbahnen werden nur noch derartige Isolatoren verwandt, nachdem sie sich auf der Strecke bewährt hatten. Aus demselben Grunde werden Isolatoren für Stromschienen aus Isolierbeton im Unterwerk St. Denis II und im Ostbezirk der französischen Staatsbahnen benutzt. Als Anwendungsgebiete werden noch Mauer- und Wanddurchführungen, Abdeckvorrichtungen für Stromschienen, Isolierschemel u. ä. genannt. Auch die 1935 eingebaute 600000 V-Stoßbatterie des Laboratoire Central d'Électricité steht auf Tragsäulen aus Isolierbeton. In Form von unverbrennlichen Endverschluß- und Verteilerdosen für armierte Kabel soll sich der Isolierbeton ohne Verwendung von Isoliervergußmassen ebenfalls bewährt haben. *tz.*



VERSCHIEDENES

BEKANNTMACHUNGEN

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker
(Eingetragener Verein)

Fernsprecher: 30 06 31 — Postscheckkonto: Berlin 213 12
Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00
Postscheckkonto der ETZ-Verlag G. m. b. H.: Berlin 223 84

Erdung

Der Ausschuß für Erdung hat die Anregungen und Einsprüche, die auf Grund der Veröffentlichung des Entwurfs 2 von

VDE 0141 „Vorschriften für Erdungen in Wechselstromanlagen über 1 kV"

in ETZ 61 (1940) S. 963 ei gegangen sind, ordnungsgemäß bearbeitet. Die Schlußfassung, die in ETZ 62 (1941) H. 15, S. 373 veröffentlicht ist, wurde im Dezember 1940 vom Vorsitzenden des VDE genehmigt und tritt am 1. Juli 1941 in Kraft.

Gleichzeitig wird auf den Einführungsaufsatz von W. Koch VDE in diesem Heft auf S. 372 hingewiesen.

Sicherungswesen

Der Ausschuß für Sicherungswesen hat einen Entwurf zu einer Änderung des § 1 von

VDE 0635 „Vorschriften für Leitungsschutzsicherungen mit geschlossenem Schmelzeinsatz 500 V bis 200 A"

aufgestellt, der in ETZ 62 (1941) H. 15, S. 378 veröffentlicht ist.

Begründete Einsprüche sind der Geschäftstelle bis zum 21. April 1941 einzureichen.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
Der Geschäftsführer
Viefhaus

Sitzungskalender

VDE Bezirk Bergisch Land, Wuppertal-Elberfeld. 29. 4. (Di), 19⁰⁰, Saal der Technik, Alexanderstr. 18: „Kleinzeitforschung mit Stroboskop und Zeitdehner", Dipl.-Ing. Richter.

VDE Bezirk Hansa, Hamburg. 16. 4. (Mi), 18⁰⁰, Techn. Staatslehranstalt: 1. „Allgemeine Übersicht über die Probleme der Kurzschlußlöschung". Obering. W. Kaufmann VDE. 2. „Stoßspannungsprüfungen". Dr. A. Wallraff VDE.

VDE Bezirk Nordsachsen, Leipzig. (Gemeinsam mit DLTG und Deutsche Gesellschaft für technische Physik.) 1. 22. 4. (Di), 19⁰⁰, Grassimuseum: „Das Licht in der Photographie und Filmtechnik". Dr. F. Steube. 2. Arbeitsgemeinschaft technischer Nachwuchs. 29. 4. (Di), 19¹⁵, Grassimuseum: „Anwendung der Hochspannungstechnik". Dr.-Ing. Gattung VDE.

VDE Bezirk Ostsachsen, Dresden. 24. 4. (Do), 18³⁰, El. Inst. T. H.: „Der Hochdruckdampf im Turbinen- und Kraftwerksbau". Dr.-Ing. H. Melan VDE.

VDE Bezirk Ruhr-Lippe, Dortmund. 16. 4. (Mi) 18⁰⁰, Deutsches Haus, Betenstr. 18/20: „Physik und Technik des Übermikroskops und seine Anwendung zur Erforschung sublichtmikroskopischer Probleme" (m. Lichtb. u. Film). Dipl.-Ing. J. Dalchau.

VDE Bezirk Südbayern, München. 23. 4. (Mi), T. H.: „Stand der Forschung der physiologischen Wirkungen elektrischer Starkströme auf den menschlichen Körper" (mit Lichtb.). Obering. K. Alvensleben VDE.

VDE Bezirk Westmark-Ost, Ludwigshafen. 11. 4. (Fr), 19³⁰, Bürgerbräu, Ludwigstr. 75/77: „Installationsgeräte in Industrieanlagen". Obering. C. Meinhardt.

PERSÖNLICHES

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten)

A. Palm. — Am 13. April vollendet Herr Oberingenieur Albert Palm VDE in Frankfurt a. Main sein 60. Lebensjahr. In Stuttgart besuchte er die Technische Hochschule, um nach einer einjährigen Dienstzeit beim Telegr.-Bat. in München bei der Hartmann & Braun A. G., Frankfurt a. Main, seine fruchtbringende Arbeit aufzunehmen. Während seiner nunmehr fast 33-jährigen Tätigkeit entwickelte er auf dem Gebiete des elektrotechnischen Meßwesens eine große Anzahl Geräte. Hiervon seien nur einige wenige genannt: Registrierinstrumente,



A. Palm

ein absolutes Voltmeter in Preßgas für 250 000 V, elektrostatische Voltmeter mit der Spannung proportionalem Zeigerausschlag, Glimmröhren als Spannungsnormal zur Messung von Scheitelspannungswerten. Ferner sind seine grundlegenden Messungen über die Durchbruchfeldstärke komprimierter Gase und deren Verwendung für Hochspannungsisolationen für die Technik sehr wichtig geworden. Als Chef des Konstruktionsbüros hat er die Formgebung der Meßinstrumente, ihre Normung und zweckentsprechende Konstruktion maßgebend beeinflußt, die heute nicht nur das Gesicht der H & B-Instrumente, sondern auch das vieler in- und ausländischer Fabrikate bilden. Lange Jahre gehörte Palm dem Lehrkörper der Elektrotechnischen Lehranstalt in Frankfurt a. Main an und hat damit für die Heranbildung eines gut durchgebildeten Elektrotechnikernachwuchses regsten Anteil genommen. Viele Mitglieder des VDE und ausländischer Parallelvereine werden sich noch gerne seiner stets allerbestens wissenschaftlich aufgebauten durch seine gute Vortragsweise fesselnden Vorträge erinnern. Weiter gehörte er als Vertreter seiner Firma verschiedenen VDE- und ausländischen Kommissionen an, wo er stets regsten Anteil bei allen Aussprachen nahm. Den Weltkrieg machte er als Offizier bei der Nachrichtentruppe bis 1919 mit und erwarb sich das EK I und II und andere Orden. Noch heute berichtet Palm, der mit Leib und Seele Soldat war, gerne von seinen Kriegserlebnissen. Sein Buch über elektrische Meßgeräte und Meßeinrichtungen hat viel Anerkennung und weite Verbreitung gefunden und ist noch vor dem jetzigen Krieg in französischer Sprache in Paris erschienen. Mancher Forscher und Wissenschaftler, mit dem er zu arbeiten und zu verhandeln hatte, wird gerne heute seiner gedenken. Wir wünschen Herrn Palm am heutigen Tage eine weitere beste Gesundheit, um noch viele Jahre seine wertvolle schöpferische Arbeit weiterführen zu können.

H. Hensell VDE

J. Zenneck. — Am 15. April 1941 begeht Herr Geheimrat Prof. Dr. J. Zenneck VDE seinen 70. Geburtstag. Die Leser der ETZ kennen J. Zenneck seit mehreren Jahrzehnten, und wir hatten oft Gelegenheit, über ihn zu berichten, mag es sich um seine wissenschaftlichen Leistungen oder um die zahlreichen Berufungen gehandelt haben, die an ihn ergingen. J. Zenneck darf heute, nachdem er von dem Ordinariat für Physik an der Technischen Hochschule München in den Ruhestand getreten ist, jedoch seine ehrenamtliche Tätigkeit als Direktor des Deutschen Museums in München beibehalten hat, auf eine ebenso interessante wie erfolgreiche physikalische und technische Laufbahn zurückblicken. Zur Physik kam J. Zenneck, ursprünglich in Tübingen allgemein Naturwissenschaften studierend, im Jahre 1897, indem er sich nach bestandenem Dr. rer. nat. entschloß, Assistent bei Ferdinand Braun in Straßburg zu werden. Man wird ohne weiteres verstehen, daß dies der Beginn seiner lebhaften Tätigkeit auf dem Gebiete der drahtlosen Telegraphie geworden ist. Die Gruppe Braun-Siemens führte damals nach



J. Zenneck

Vorversuchen in Straßburg zahlreiche Meßreihen an der Nordseeküste, vor allem auf den Elbe-Feuerschiffen durch, und gerade diesen Teil erledigte der junge Zenneck. Im Jahre 1903 übernahm die eben gegründete Telefunken-Gesellschaft den größeren Teil des Personals der Braun-Siemens-Gruppe. Jedoch wollte J. Zenneck nicht zur Industrie übertreten, sondern kehrte zu Ferdinand Braun in das physikalische Institut nach Straßburg zurück. Wenige Jahre später (1905) gab er sein berühmtes Lehrbuch „Elektromagnetische Schwingungen" heraus, und anschließend (1905) erhielt er den Ruf zum a. o. Professor der Physik an der Technischen Hochschule Danzig. Schon ein Jahr später nahm er einen Ruf zum Ordinarius der Physik nach Braunschweig an. Im Jahre 1909 folgte er einem Angebot der Badischen Anilin- und Sodafabrik Ludwigshafen (jetzt I. G. Farben) zur Leitung eines physikalischen Laboratoriums, das mit den Lichtbogenöfen nach Birkeland u. a. zur Stickoxydsynthese beschäftigt war. Dies brachte J. Zenneck auch längere Zeit in die Fabriken der Norsk-Hydro, nach Christiansand, nach Notodden und an den Rjukanfall. Nach zwei Jahren (1911) nahm er einen Ruf nach Danzig als Ordinarius der Physik an, nachdem sein Vorgänger M. Wien einem solchen nach Jena gefolgt war. Aber auch von hier ging es bald weiter, denn der Ruf zum Ordinarius der Physik an die Technische Hochschule München war ehrenvoll und angenehm und J. Zenneck nahm ihn gern an, trotzdem er Danzig außerordentlich schätzte.

Dem Lehrstuhl in München ist er 25 Jahre treu geblieben, obwohl noch mehrere Angebote, in die Industrie, wie auf andere Lehrstühle an ihn gelangten. Aber was sollte ihn, den Süddeutschen, einen echten Schwaben von der Rauhen Alb, von München fortlocken können! So sehen wir ihn heute noch dort, wo er in seinem Institut und auf dem Herzogstand am Walchensee und in Kochel bedeutende Ionosphärenforschungsstationen begründet hat, die seinen Namen in der Fachwelt noch bekannter gemacht haben, und aus denen eine große Reihe von bestausgebildeten Schülern hervorgegangen ist.

J. Zenneck ist Inhaber der Medal of Honour (V. S. Amerika), der goldenen Heinrich-Hertz-Medaille, der Goethe-Medaille für Kunst und Wissenschaft und der Gauß-Weber-Medaille der Universität Göttingen.

Wir wünschen ihm den wohlverdienten sorglosen und frohen Lebensabend, den er gewiß mit derselben Gesundheit und demselben unverwüstlichen Humor verbringen wird, wie seine bisherigen 70 Lebensjahre. H. Rukop VDE

BUCHBESPRECHUNGEN

DK 538.566

Die Ausbreitung der elektromagnetischen Wellen. Von Dr. phil. B. Beckmann. (Bücherei der Hochfrequenztechnik, herausgeg. v. J. Zenneck, Bd. 1). Mit 207 B., X u. 282 S. im Format 154 × 232 mm. Akadem. Verlagsgesellschaft Becker & Erler Kom.-Ges., Leipzig 1940. Preis geh. 24,— RM, geb. 25,60 RM.

Es gibt vielleicht wenige Gebiete der Physik und Technik, auf denen in verhältnismäßig wenigen Jahren eine so ungeheure Zahl von Veröffentlichungen erschienen ist, wie auf dem Gebiet der Ausbreitung elektromagnetischer Wellen. Das unmittelbarste Interesse an diesen Untersuchungen hat natürlich die Funktechnik. Da das Verhalten der Wellenausbreitung in den verschiedenen Wellenbereichen außerordentlich unterschiedlich ist, ermöglicht nur die genaueste Kenntnis der Eigenart der verschiedenen Wellen und der Gesetzmäßigkeit von zeitlichen Änderungen einen betriebssicheren Einsatz der Funkwellen für den Funkverkehr. Aber auch der Physiker und insbesondere der Geophysiker interessiert sich in starkem Maße für die Wellenausbreitungsergebnisse, da diese heute das wichtigste Mittel darstellen, um über den Zustand der in großen Höhen über dem Erdboden befindlichen Schichten und die außerterrestrischen Einflüsse Aussagen zu machen. Bei der großen Zahl von Veröffentlichungen, die teilweise unter den verschiedensten Gesichtspunkten bearbeitet sind, ist es namentlich für alle diejenigen, die sich erst in dieses Gebiet einarbeiten wollen, sehr schwierig, die wichtigsten Ergebnisse klar zu erkennen. Es ist deshalb eine sehr dankenswerte Tat des Verfassers gewesen, durch praktische Zusammenfassung und Sichtung des gewaltigen Materials die wesentlichsten Gesichtspunkte herauszuschälen und in Form eines Buches niederzulegen. Besonders zustatten kam ihm dabei die durch langjährige Arbeiten auf diesem Gebiete erworbene große eigene praktische Erfahrung, wie denn ein derartiges Werk überhaupt nur von einem Fachmann geschrieben werden kann. Versteht es der Autor dann ferner noch, die schwierige Materie in so flüssiger und klassisch schöner Form darzustellen, wie es Herr Beckmann tat, so entsteht damit ein Werk, das dem Fortschritt der Wissenschaft dient, da es durch klare Darstellung des schon gesicherten Materials festen Boden für die weiteren Forschungen schafft und zugleich die noch vorhandenen Probleme zeigt, und das der Praxis die notwendigen wissenschaftlich fundamentierten Unterlagen für ein betriebssicheres Arbeiten gibt. Eine besondere persönliche Note erhält das Buch dadurch, daß der Verfasser darin manche noch offene Frage durch eigene Untersuchungsergebnisse klärte und vor allem durch eine Reihe von sehr schönen eigenen Aufnahmen belebte.

Das Buch, das in der von J. Zenneck herausgegebenen „Bücherei der Hochfrequenztechnik" als erster Band erschien, bedeutet einen sehr verheißungsvollen Anfang dieser Buchreihe. Druck und Ausgestaltung des Werkes sind hervorragend. Allen, die irgendwie mit Wellenausbreitungsfragen zu tun haben, wird das Buch ein unentbehrlicher Ratgeber sein.

F. Vilbig VDE

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Dr.-Ing. W. Estorff VDE, Berlin-Charlottenburg, Niebuhrstr. 61
Dr.-Ing. W. Koch, Berlin-Südende, Langestr. 14

Abschluß des Heftes: 4. April 1941

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE (z. Z. im Felde)
G. H. Winkler VDE (z. Z. im Felde)
H. Hasse VDE und R. Henrichs VDE

Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 30 05 31.



Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

62. Jahrgang **Berlin, 17. April 1941** **Heft 16**

Allgemeines Verfahren zur Aufnahme und Analyse von Vorgängen veränderlicher Intensität

Von E. Tritschler VDE, Chemnitz, und F. Ferrari VDE, Berlin

DK 621.317.35

Übersicht. An Aufgaben aus der Elektrizitätswirtschaft soll gezeigt werden, wie vielseitig die Aufnahmen der von Natur aus für die verschiedenen Zwecke verwendbaren Festmengen-Registriergeräte auszuwerten sind und wie diese Auswertungen durch selbsttätige Geräte durchgeführt werden können.

Einleitung

Während Meßgeräte die Kenntnis der Zustandswerte vermitteln, ergeben Mengenzähler das Integral von Intensität und Zeit; registrierende Geräte endlich erschließen sowohl Intensitätswerte als auch die Bestimmung von Mengen und geben darüber hinaus Aufschluß über den zeitlichen Verlauf der Vorgänge. Offensichtlich ist das registrierende Gerät das vielseitigste, weil es den Einblick in die Vorgänge nach jeder Richtung eröffnet. Wie weit man hierin gehen kann, ist nur davon abhängig, ob und wie einfach die Auswertung durchgeführt werden kann.

Grundlagen des Festmengen-Meßprinzips

Die Aufnahme und Analyse von Vorgängen veränderlicher Intensität ist durch die Einrichtungen, die nach dem Festmengen-Meßprinzip [1 bis 6 u. 11]*) aufgebaut sind, sehr vereinfacht worden. Ob es sich dabei um Elektrizität, Gas, Wasser, Geschwindigkeit, durch Stückzahlen bestimmte oder andere Meßgrößen veränderlicher Intensität handelt, ist gleichgültig; immer genügt ein Registriergerät einfachen Aufbaues, um diesen Verlauf aufzunehmen.

Das Festmengen-Registriergerät verzeichnet die Festmengen auf seinem Registrierstreifen. Eine bestimmte Menge von kWh, m³, Umdrehungen, Stück oder dgl., die sogenannte Festmenge, wird zunächst beliebig gewählt. Der Mengenzähler, der Umdrehungszähler oder der Stückzähler erhält an seinem Zählwerk einen entsprechenden Kontaktgeber, der durch die Übersetzung so eingerichtet ist, daß er je Festmenge einen Impuls gibt. Dieser wird dem Festmengen-Registriergerät zugeführt.

Das Festmengen-Registriergerät selbst ist für alle Anwendungszwecke stets das gleiche Zusatzgerät nach Bild 1. Ein Uhrwerk mit synchronisiertem Gangregler und 24stündiger Gangreserve bewegt den Papierstreifen von nur 20 mm Breite mit einer Geschwindigkeit von 60 mm/h. Der Streifen von etwa 48 m Länge, der für 32 Tage ausreichend ist, hat Zeitaufdruck und Minutenteilung. Das Gerät ist gleich für die Aufnahme von zwei verschiedenen, voneinander auch unabhängigen Vorgängen ausgebildet. Das Aufzeichnen der Festmenge geschieht durch Ausstanzen eines rechteckigen Loches von $2 \times 1\ mm^2$. Die Stanzen werden durch den Synchronmotor des Uhrwerks periodisch gespannt und durch das zugehörige Impulsrelais ausgelöst.

*) Die Zahlen in eckigen Klammern [ ] beziehen sich auf das Schrifttumsverzeichnis am Schluß der Arbeit.

Der Registrierstreifen weist also nach der Aufnahme die Festmengen in der mehr oder weniger dichten Folge der Lochungen auf. Die Intensität ist jeweils die angenommene Festmenge, dividiert durch die durch den Abstand benachbarter Lochungen aufgezeichnete Zeit. Der erhaltene Intensitätswert ist ein Mittelwert, jeweils gebildet über die Dauer der betreffenden Festmenge. Es liegt in der Natur des Prinzips, daß die Aufzeichnungen über den Vorgang um so dichter werden, je höher jeweils die Intensitäten sind. Man erhält also gerade in dem gewöhnlich am meisten interessierenden Bereich der Spitzen den weitestgehenden Aufschluß.

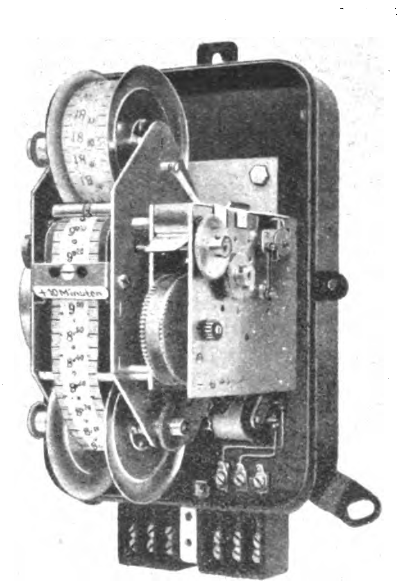


Bild 1. Festmengen-Registriergerät System Ferrari.

Auswertungsmöglichkeiten des Festmengen-Registrierstreifens

Der Festmengen-Registrierstreifen bildet nun die Unterlage für die Auswertung, die jeweils nach der Aufgabenstellung nach den verschiedenen Gesichtspunkten vorzunehmen ist. Im folgenden wird vorzugsweise auf



Beispiele aus der Elektrizitätswirtschaft Bezug genommen. Die wichtigsten Arten der Auswertung sind dabei:

a. Auswertung von Intensitätsdauerlinien

Durch die Auszählung der Festmengen, der Größe ihres Zeitintervalls nach in mehr oder weniger zahlreiche Stufen geordnet, erhält man die Mengen, die in den einzelnen Intensitätsstufen verbraucht oder vorgekommen sind und auch deren Benutzungsdauer. Damit läßt sich die Dauerlinie für den Tag, den Monat oder das Jahr aufzeichnen.

b. Auswertung von mittleren Tagesbelastungslinien

Durch Auszählen der Festmengen von jeder Tagesstunde erhält man die Verbrauchswerte, aus denen die Tagesbelastungskurve mit Stundenmittelwerten hergestellt werden kann. Geschieht die Auszählung über den Monat oder das ganze Jahr, so ergibt sich das mittlere Belastungsgebirge des Monats oder des Jahres über den Tagesstunden. Damit ist die Durchführung von beliebig tageszeitabhängig gestaffelten Mehrfachtarifen für Großabnehmer möglich, durch die die Füllstromabgabe sehr elastisch gesteuert werden kann. Schließlich vermitteln die Monats- und Jahresmittelwerte der Leistung für die einzelnen Tagesstunden die wertvolle Kenntnis der Anteile einzelner Abnehmer oder Abnehmergruppen an der Werkshöchstlast und an ihren benachbarten Werten.

c. Auswertung zwecks Summierung

Aufgaben der Summierung von Mengen und Intensität können nach dem unter b. genannten Prinzip einfach gelöst werden. Hierbei müssen jeweils die Tagesstreifen der verschiedenen Summanden hintereinander ausgezählt werden, womit dann die Tagessummenkurve des Verbrauchs und der Intensität erhalten wird. Ebenso ist auch die Subtraktion möglich.

d. Reproduktion zeitlich veränderlicher Intensitätsverläufe

Aus den Aufzeichnungen des Festmengenstreifens ist schließlich der Intensitätsverlauf in der Zeit übersichtlich reproduzierbar, wenn Festmenge um Festmenge entsprechend ihrer Zeitgröße auf die entsprechende Intensitätsgröße umgewertet wird. Auf diese Weise erhält man z. B. in einem handlichen Maßstab die Tagesbelastungskurven für die Zusammenstellung des üblichen Belastungsgebirges.

Arbeitsweise und Anwendung des Auswertungs-Automaten

Schon die wenigen vorstehenden Beispiele aus der Elektrizitätswirtschaft zeigen, wie mannigfaltig und aufschlußreich die Auswertungen des Festmengen-Registrierstreifens sind. So verlockend das Verfahren jedoch erscheint, so verständlich ist es auch, daß die Auswertung von Hand als unbequem und zeitraubend abschreckt.

Mit dem Erscheinen eines Auswertungs-Automaten (Bild 2) ist dieses Hemmnis restlos beseitigt. Er ist imstande, sowohl die intensitäts- als auch die tageszeitabhängige Analyse sowie die Aufgaben der Summierung und der Reproduktion der Belastungskurven zu bewerkstelligen. Trotz seiner Vielseitigkeit handelt es sich um ein einfach zu handhabendes Gerät, das in der Hauptsache aus bewährten hochwertigen Bauelementen der Schwachstromtechnik besteht, so daß große Zuverlässigkeit gewährleistet ist. Seine Kosten sind verhältnismäßig niedrig, wobei zu bedenken ist, daß für die Festmengen-Registriergeräte vieler Meßstellen nur ein einziger Automat nötig ist.

In den Automaten (Bild 2) wird links der auszuwertende Lochstreifen eingelegt, der über eine Sichtfläche an der Abtasteinrichtung vorbei zur Aufwickelspule mit einer

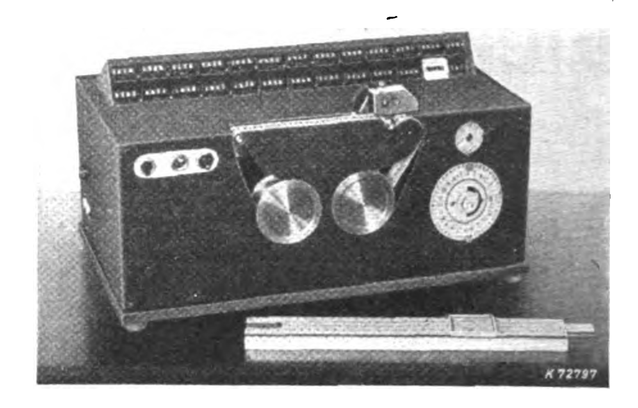


Bild 2. Auswertungs-Automat für Festmengen-Registrierstreifen.

Geschwindigkeit von 10 mm/s läuft. Ein Endkontakt sorgt für die selbsttätige Abstellung des Geräts, sobald der Streifen ausgewertet ist; die Auswertungsdauer beträgt für einen Monatsstreifen nur wenig mehr als eine Stunde. Auf der Vorderseite des Geräts befindet sich noch eine 24 Stunden-Schaltscheibe und eine Wochentag-Schaltscheibe, die mit dem Registrierstreifenantrieb gekuppelt sind; sie dienen dazu, die beabsichtigte Auswertung eines Lochstreifens mittels einstellbarer Schaltstifte z. B. auf bestimmte Tagesstunden und Wochentage zu beschränken. Die Zählwerke für die Festmengen sind leicht ablesbar in die Deckelplatte des Geräts eingelassen. Die rein elektromechanische Abtastung und Auswertung der Lochabstände macht den Automaten von etwaigen Spannungs- oder Frequenzschwankungen vollständig unabhängig. Im folgenden wird die Einsatzmöglichkeit und Arbeitsweise bei den oben angegebenen vier Auswertungsaufgaben betrachtet.

a. Auswertung von Intensitätsdauerlinien

Der Auswertung von Intensitätsdauerlinien liegt folgende Arbeitsweise des Automaten, dessen Schaltung Bild 3 zeigt, zugrunde. Der auszuwertende Registrierstreifen wird zu den Auswertungen mit gleichförmiger Geschwindigkeit vom Synchronmotor A^{I} an der Abtasteinrichtung mit ihrem Kontakt T vorbeibewegt, der über

Tafel 1. Beispiel eines Stufungsplanes für den Auswertautomaten.

Zählwerk Nr.	n_{max}	t_m min	n_{mittel}
1	6,0	2,73	5,55
2	5,0	3,33	4,4
3	4,0	4,00	3,75
4	3,5	4,62	3,25
5	3,0	5,21	2,85
6	2,75	5,72	2,65
7	2,5	6,32	2,35
8	2,25	7,06	2,15
9	2,0	7,69	1,95
10	1,9	8,11	1,85
11	1,8	8,57	1,75
12	1,7	9,1	1,65
13	1,6	9,68	1,55
14	1,5	10,33	1,45
15	1,4	11,12	1,35
16	1,3	12,00	1,25
17	1,2	13,05	1,15
18	1,1	14,29	1,05
19	1,0	15,80	0,95
20	0,9	17,65	0,85
21	0,8	20,00	0,75
22	0,7	23,04	0,65
23	0,6	26,10	0,575
24	0,55	28,60	0,525
25	6,0 ··· 0,5		
26	0,5	> 30	< 0,5

ein Relais F die Impulszählwerke Z_1 bis Z_{24} einer aus einer Ausgangslage zu verstellenden Zeitmeßvorrichtung M beeinflußt, so daß diese die Festmengen nach Maßgabe des Abstandes aufeinanderfolgender Markierungen regi-



striert. Die Zeitmeßvorrichtung, die der Synchronmotor A^{II} antreibt, wird daher jeweils nach Ablauf und Registrierung einer Festmenge, also dem Auftreffen der Abtasteinrichtung auf eine Markierung, in die Ausgangslage zurückgebracht, während gleichzeitig der Registrierstreifenantrieb unterbrochen wird. Mit dem Erreichen der Ausgangslage findet dann ein kurzes Stillsetzen der Zeitmeßeinrichtung statt, um sofort anschließend zusammen mit dem Registrierstreifenantrieb zu einem neuen Auswertspiel anzulaufen. Gelangt die Zeitmeßeinrichtung in ihre Ausgangslage, bevor eine neue Markierung die Abtasteinrichtung erreicht, so wird sie bis zum Auftreffen der nächsten Markierung stillgesetzt. Während der Registrierung solcher Festmengen, die geringen Intensitätswerten entsprechen, wird der Registrierstreifenantrieb ebenfalls unterbrochen, um sofort anschließend zusammen mit der Zeitmeßeinrichtung zu einem neuen Auswertspiel loszulaufen.

Die Zeitmeßeinrichtung besteht im wesentlichen aus ihrem Antriebsmotor A^{II} und einer beliebig teilbaren Stufenkontaktscheibe. Diese ist in Form eines Verteilers ausgeführt, bei dem sich ein Kontaktarm über Stufenkontakte bewegt, die in einer Kreisbahn angeordnet sind. An die Stufenkontakte sind die Betätigungsstromkreise für die Stufenzählwerke Z_1 bis Z_{24} angeschlossen. Der Übergang von einem Stufenkontakt zum nächsten geschieht sprungweise. Die Längen der Kontaktsegmente des Verteilers werden den gewünschten Intensitätsstufen entsprechend bemessen. Einen Stufungsplan, der sich als besonders praktisch für elektrizitätswirtschaftliche Analysen erwiesen hat, gibt Tafel 1 wieder. Wird diejenige Intensität N, die eine Festmenge in der Grenzzeit von 15 min erfüllt, als die Nenn-Intensität N_n bezeichnet und gibt n das Vielfache der Intensitätswerte der einzelnen Zählwerke an, so zählt z. B. das Zählwerk 19 alle Festmengen mit Intensitätswerten in den Grenzen $1{,}0 \geqq n \geqq 0{,}9$, also für $n_{\text{mittel}} = 0{,}95\,N_n$; die mittlere Dauer t_m von Festmengen, die dieses Zählwerk 19 registriert, beträgt somit 15,8 min. Die Zählwerke 1 bis 18 zählen die Festmengen, die Intensitätswerten von mehr als der Nenn-Intensität und weniger als ihrem 6,0fachen Wert entsprechen, während die Zählwerke 19 bis 24 die Festmengen im Intensitätsbereich zwischen dem 1,0- und dem 0,5fachen der Nenn-Intensität registrieren. Das Zählwerk 25 zählt die Summe aller Registrierungen der Zählwerke 1 bis 24, während das Zählwerk 26 die Gesamtzahl aller Festmengen zählt, also auch jener Festmengen mit einer längeren Dauer als 30 min. Die Differenz zwischen den Zählwerksangaben 25 und 26 gibt somit die Zahl der Festmengen an, die Intensitätswerten von weniger als dem 0,5fachen der Nenn-Intensität entsprochen haben.

Die Ermittlung der Intensitäts-Dauerlinie aus Festmengen-Registrierstreifen soll an einem in ein Vordruckblatt Tafel 2 eingetragenen Beispiel erläutert werden. In Spalte 1 sind die Zählwerksnummern, in Spalte 5 die zugehörigen Werte für die mittlere Dauer t_m der gezählten Festmengen, in Spalte 8 die $n_{\max}$-Werte und in Spalte 9 die n_m-Werte, bezogen auf die Nennlast bei der Grenzzeit $t_x = 15$ min, vorgedruckt. Die Anfangsstände der Zählwerke sind in Spalte 3, die Endstände in Spalte 2, ihre Differenzen, das sind die gezählten Festmengen, in Spalte 4 eingetragen. Diese Zahlen der Spalte 4 werden mit dem t_m-Wert der Spalte 5 erweitert, wodurch man den wahrscheinlichen Zeitwert in Minuten erhält, während welchem die diesem Zählwerk zukommende mittlere Intensität vorgelegen hat; diese Intensitätsdauerwerte sind in Spalte 6 eingetragen. Durch Addition dieser Zeitwerte in Spalte 6 mit allen Zeitwerten der voranstehenden Zählwerke erhält man die gesuchte Benutzungsdauer dieser jeweiligen Intensitätsstufe, die in Spalte 7 eingetragen ist.

Es ist zweckmäßig, die Dauerlinie Bild 4a zunächst als gebrochenen Linienzug aus den Werten der Spalten 7 und 8 zu zeichnen und erst dann die stetig verlaufende Dauerlinie durch die n_m-Werte zu legen, die aus Spalte 9 hervorgehen. Der fundamentale Wert der Dauerlinie besteht darin, daß sie den eindeutigen Ausgangspunkt zum Herbeiführen des höchsten technischen und finanziellen Wirkungsgrades auf den verschiedenen Gebieten bildet; sie ist in ihrer mathematisch richtigen (idealen) Form als die Wahrscheinlichkeitslinie aus dem Integral aller Augenblickswerte einer Intensität mit den Mitteln der heutigen Meßtechnik nicht feststellbar. Das bisher mühsame Herstellen von Intensitätsdauerlinien zwang immer zu Beschränkungen in der Anzahl der zu gewinnenden Meßpunkte. Es war üblich, Intensitätsdauerlinien als Wahrscheinlichkeitskennlinien von Viertel- oder Halbstunden-Intensitätswerten zu zeichnen, die nach dem Prinzip der Höchstlastmesser als Mittelwerte festgestellt werden. Ein nicht unbedeutender Nachteil so entstandener Dauerlinien ist das Unterdrücken der größeren kurzdauernden Intensitäten bei stark schwankenden Belastungen während der einzelnen Meßabschnitte. Dieser Nachteil wird um so mehr ausgeschaltet, je kleiner die Meßabschnitte gewählt werden, wobei dann allerdings die Zahl der Meßpunkte schnell zunimmt und die Anforderungen an die Zeitgenauigkeit des die Meßabschnitte bestimmenden Auslösewerkes sehr groß werden. Hierbei ist zu beachten, daß je Registrierung die während der Kontaktbetätigungszeiten (Öffnungs- bzw. Schließdauer) stattfindenden Durchflüsse von Mengen für die Auswertung verloren gehen, deren Einfluß mit abnehmender Dauer der Meßabschnitte zunimmt. Meßgeräte, wie etwa der Ericson-Dauerzähler [7 u. 8] oder das von Führer [9] vorgeschlagene Belastungskurven-Meßgerät stimmen darin überein, daß die Auswertung bereits am Meßort geschieht und auf eine Vielzahl von Zählwerken übertragen wird. Eine Nachprüfung der Zählwerksangaben ist nur durch die mühsame Auswertung der Aufzeichnungen eines,

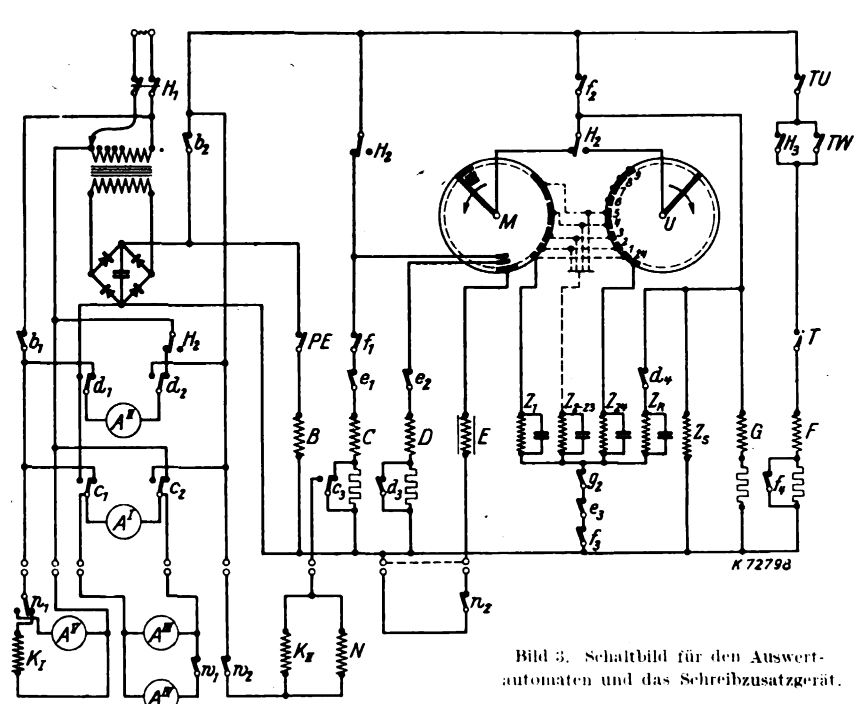


Bild 3. Schaltbild für den Auswertautomaten und das Schreibzusatzgerät.

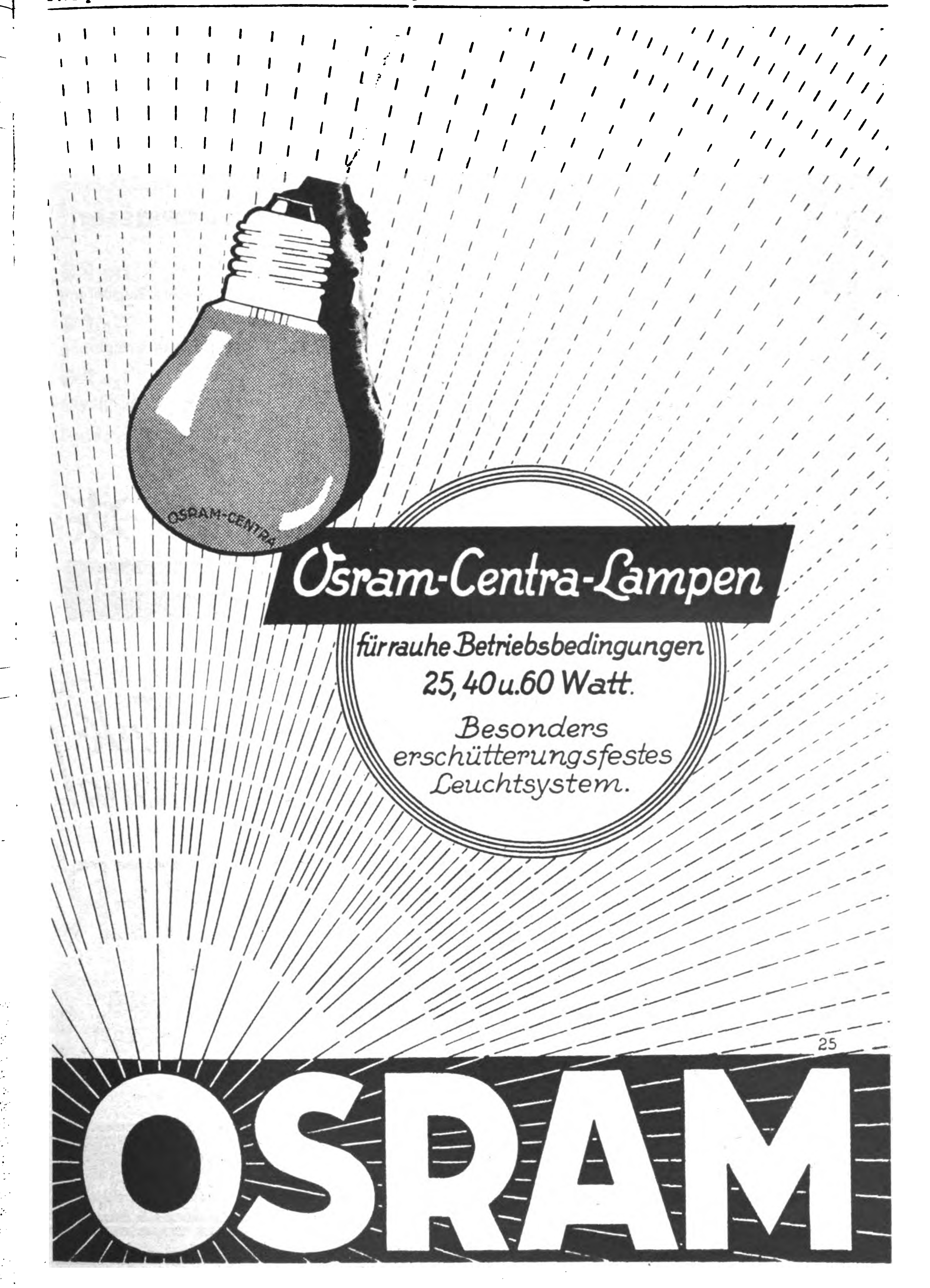
Tafel 2. Auswerttafel für Intensitätsdauerlinien.

Zählwerk Nr.	Zählwerkstände am		gezählte Festmengen		mittlere Festmengen-meßzeit t_{mittel}	Belastungszeit in min je Leistungsstufe		Benutzungsdauer		n_{max}	n_{mittel}	Maschinenfabrik Intensitätsdauerlinien 7. 10. 40–31. 10. 40
	Ende	Anfang	WV	BV		W min	B	W min	B			
1	2	3	4		5	6		7		8	9	10
1					2,73					6,0	5,5	
2					3,33					5,0	4,5	
3					4,00					4,0	3,75	
4					4,62					3,5	3,25	
5					5,21					3,0	2,875	
6					5,72					2,75	2,625	
7					6,32					2,5	2,375	
8					7,06					2,25	2,125	
9					7,69					2,0	1,95	
10					8,11					1,9	1,85	
11					8,57					1,8	1,75	
12					9,10					1,7	1,65	
13					9,68					1,6	1,55	
14					10,33					1,5	1,45	
15					11,12					1,4	1,35	
16					12,0					1,3	1,25	
17				1	13,05		13		13	1,2	1,15	
18				1	14,29		14		27	1,1	1,05	
19				5	15,8		79		106	1,0	0,95	N_n = 1008 kW
20				258	17,65		4555		4661	0,9	0,85	
21			66	177	20,0	1320	3540	1320	8201	0,8	0,75	
22			266	62	23,04	6125	1428	7445	9629	0,7	0,65	
23			55	12	26,1	1436	313	8881	9942	0,6	0,575	
24			17	15	28,60	486	430	9367	10372	0,55	0,525	n_{min} = 0,5
	$\Sigma (Z_1 \div Z_{24})$ =		404	531	Summe der gezählten Festmengen bei Intensitäten $N \leqq 0,5\ N_n$							
25			404	531	” ” ” ” ” ” ” ” ”							
26			524	694	Gesamtzahl der gezählten Festmengen = 132 048 WkWh 174 888 bkWh							
	Differenz $Z_{26} - Z_{25}$		120	163	Festmengen bei Intensitäten $N \geqq 0,5\ N_n$							

wie etwa beim Meßgerät nach Führer, eingebauten oder beigeordneten Höchstlastschreibgerätes möglich. Für diese beiden Meßgeräteformen ist auch zu beachten, daß je Registrierung der mehr oder weniger große Überschuß über die für die einzelnen Stufen in Betracht kommenden Mindestmengen für die Auswertung verloren geht, so daß die ermittelten Intensitätswerte zu niedrig sind und damit die von der Dauerlinie umschlossene Fläche immer zu klein wird. Wird deshalb ein Verbrauch oder Meßstellendurchfluß nicht in gleichlange Zeitabschnitte unterteilt, über deren Dauer die mittlere Höchstlast ermittelt wird, sondern vielmehr in Festmengen unterteilt, so werden eben die Zeitausschnitte für die verbrauchten Festmengen um so kleiner, je größer die vorliegenden Belastungen sind und umgekehrt; die Dichte der Intervalle nimmt also bei größeren Belastungen zu und bei kleineren ab. Da das Festmengen-Registriergerät die verschiedenen Zeiten registriert, innerhalb deren jeweils eine Festmenge verbraucht wurde, so ist offensichtlich, daß eine aus Festmengen-Registrierungen ermittelte Dauerlinie der idealen Wahrscheinlichkeitskennlinie in dem gewöhnlich am meisten interessierenden Bereich der hohen Intensitäten nahe kommt, da die Dichte der Aufzeichnungen mit dem Grad der Belastung wächst. Die Aufteilung eines Verbrauchs in Festmengen und deren intensitätsabhängige Registrierung schließt deshalb auch die in der Elektrizitätswirtschaft bei Großabnehmern in Einzelfällen mögliche Benachteiligung eines Lieferwerkes aus, wobei diese Abnehmer wiederkehrende Lastspiele mit großem Ungleichförmigkeitsgrad absichtlich den bekannten regelmäßigen Schaltspielen der Höchstlast-Registriergeräte anpassen [12].

Besonderes Interesse darf der Auswertautomat für Festmengen-Registrierstreifen von Tarifwirtschaftlern der




OSRAM-CENTRA
Osram-Centra-Lampen
für rauhe Betriebsbedingungen
25, 40 u. 60 Watt.
Besonders
erschütterungsfestes
Leuchtsystem.
25
OSRAM

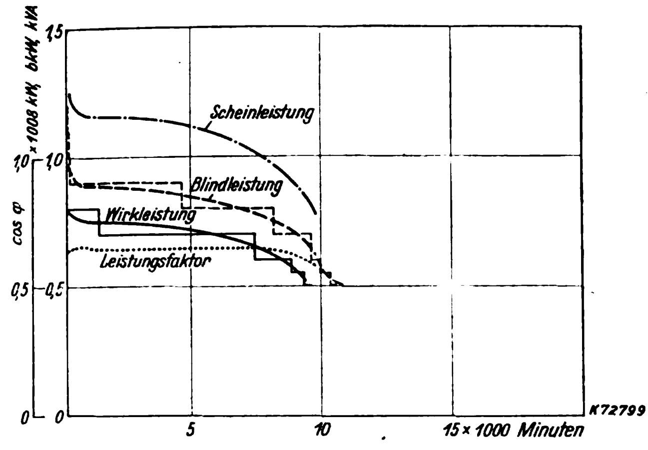


Bild 4a. Intensitätsdauerlinien aus intensitätsabhängiger Auswertung von Festmengen-Registrierungen.

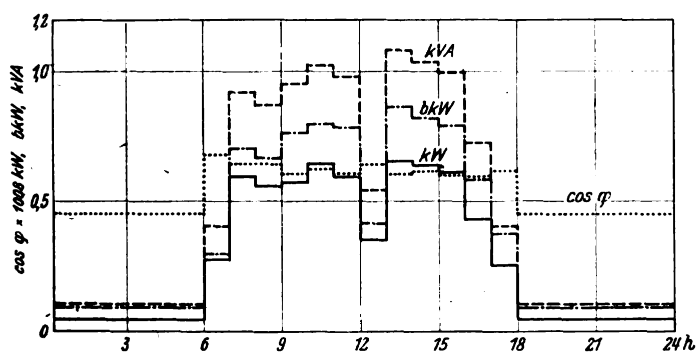


Bild 4b. Mittlere Tagesbelastungslinien aus tageszeitabhängiger Auswertung von Festmengen-Registrierungen (ohne die Wochenendbelastung von Sbd. 12^{00} bis Stg. 24^{00}).

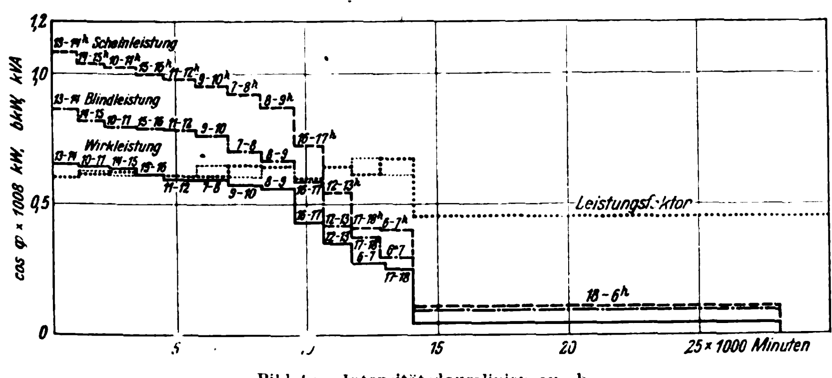


Bild 4c. Intensitätsdauerlinien aus b.

Bild 4. Auswertungs-Schaulinien einer Maschinenfabrik. Meßabschnitt: 7. X. bis 31. X. 1940.

Energieversorgungsunternehmungen auch deshalb erwarten, weil die Intensitätsdauerlinie Auskunft über wichtige Tarifgrößen zu vermitteln vermag, wie etwa über Höchstbelastung, Spitzenverbrauch, Über- und Unterlastverbrauch. Da der Automat die Auswertung auf bestimmte Tagesstunden und Wochentage zu beschränken gestattet, ergeben sich weitere wertvolle Einblicke. Aus der Dauerlinie des Wirk- und Blindverbrauchs erhält man mit hohem Wahrscheinlichkeitsgrad rechnerisch auch die Scheinleistungsdauerlinie, Bild 4 a, und ihre zugehörige cos φ-Linie. Die hierbei angenommene zeitliche Übereinstimmung, die im allgemeinen bei den hohen Leistungen zutrifft, kann im Einzelfall am Registrierstreifen nachgeprüft und nachgewiesen werden.

Mit den Werten des Automaten wird man in Leistungstarifen frei von der Beschränkung auf die e i n e viertel- oder halbstündige Höchstlast. Der Lieferungsvertrag kann sich nunmehr ohne weiteres auf die Leistung beziehen, die z. B. im Monat 120 min oder im Jahr z. B. insgesamt 1500 min lang gebraucht worden ist. Man braucht hierzu nicht etwa die Dauerlinie aufzunehmen, vielmehr genügt die Ablesung nur des einen Zählwerks, das als höchstes fortgeschaltet hat. Besonders interessant ist hierbei in Sonderfällen die Kenntnis der Steigung der Dauerlinie zu den benachbarten Werten des zu bezahlenden Belastungsdauerwertes.

b. A u s w e r t u n g v o n m i t t l e r e n T a g e s b e l a s t u n g s l i n i e n

Der Auswertung von mittleren Tagesbelastungslinien, auf die der Automat durch einen Umschalter umgestellt wird, liegt folgende Arbeitsweise zugrunde. Der Antriebsmotor A^1 (Bild 3) für den Registrierstreifen treibt den Kontaktarm einer 24stufigen Stufenkontaktscheibe U an, deren Kontaktsegmente mit den 24 Zählwerken Z_1 bis Z_{24} verbunden sind. Der Klinkenschalter H_2 ist umgeschaltet. Der auszuwertende Registrierstreifen wird dann bei abgeschalteter Zeitmeßvorrichtung an der Abtasteinrichtung mit gleichförmiger Geschwindigkeit vorbeibewegt. So oft eine Festmengenmarkierung die Abtasteinrichtung erreicht, schließt der Tastkontakt T, und das Festmengenrelais F veranlaßt über den Kontakt f_1 die Registrierung der Festmengen auf den Zählwerken über die 24stufige Stufenkontaktscheibe. Der Kontaktarm der Stufenscheibe ist mechanisch mit der 24 Stunden-Schaltscheibe und dem Antrieb für den Registrierstreifen gekuppelt. Die 24 Stunden-Schaltscheibe wird so eingestellt, daß ihre Zeitangabe mit dem Zeitaufdruck des Registrierstreifens vor der Abtasteinrichtung übereinstimmt. Jeder Tagesstunde des Papierstreifens entspricht somit ein Zählwerk. Alle Festmengenmarkierungen zwischen 24 und 1^{00} werden auf dem Zählwerk 1, die Festmengen zwischen 1 und 2 auf dem Zählwerk 2 usw. registriert. Die Summe sämtlicher Festmengen wird durch das Zählwerk Z_{26} angezeigt. Durch die Auswertung des Registrierstreifens für den in Betracht kommenden Zeitabschnitt, z. B. einen Monat, ergibt sich in jedem einzelnen der Zählwerke eine Festmengenzahl, die durch die Anzahl der ausgewerteten Tage dividiert und mit dem Betrag der Festmengeneinheit erweitert der mittleren Intensität der in den betreffenden Tagesstunden vorhanden gewesenen Belastungen über den Zeitabschnitt entspricht.

Mittels der Wochentag-Schaltscheibe kann die Mittelwertbildung auf bestimmte Wochentage beschränkt werden. Für die Elektrizitätswirtschaft gewinnt diese Art der Auswertung der Registrierstreifen besonderes Interesse zur Gestaltung beliebiger tageszeit- und auch wochentagabhängiger Mehrfachtarife, denn die Zählwerksangaben ergeben erweitert mit dem Betrag der Festmengeneinheit die kWh-Beträge, die auf die einzelnen Tagesstunden verteilt im Laufe des Meßabschnittes geliefert oder bezogen wurden.

Die über einen beliebigen Zeitraum ermittelte mittlere Tagesbelastungslinie Bild 4 b läßt sich auch zu einer besonderen Art Benutzungsdauerlinie ordnen, indem die den einzelnen Tagesstunden zukommenden Intensitäten nicht, wie vorstehend beschrieben, nach der Zeit, sondern in der Reihenfolge der Absolutwerte ihrer Intensitäten geordnet werden (Bild 4 c). Da den einzelnen Intensitätsstufen einer so gebildeten Dauerlinie eindeutig bestimmte Tageszeiten ihrer Inanspruchnahme zukommen, vermag diese neue Dauerlinie ein Bild guter Wahrscheinlichkeit nach einer Aufgliederung der Benutzungsdauerlinie in ihre Tageszeitabschnitte zu vermitteln.



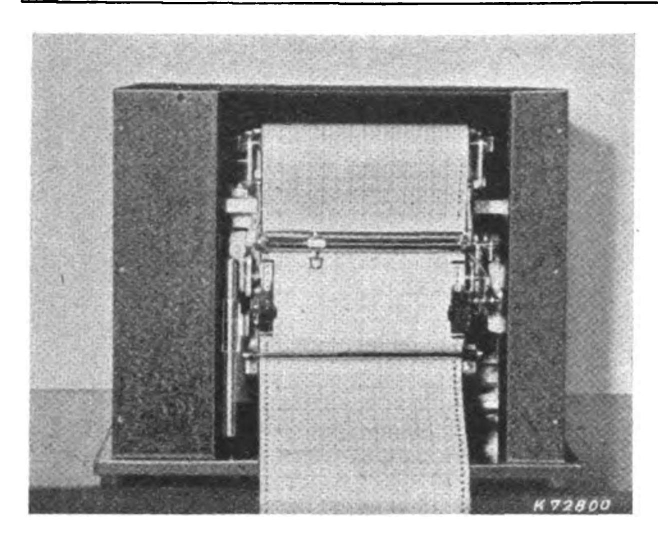


Bild 5. Intensitätslinienschreiber als Zusatzgerät zum Auswertautomaten für Festmengen-Registrierstreifen.

Geschah die Ermittlung unter Ausschalten aller als nicht normal anzusehenden Erscheinungen, als was z. B. die Wochenendbelastungsfälle angesehen werden können, so ist ohne große Fehler die Einteilung dieser neuen Dauerlinie in Tageszeitzonen auf die mathematisch genauere Intensitätsdauerlinie übertragbar, die nach dem unter a. beschriebenen Verfahren der reinen intensitätsabhängigen Analyse von Festmengenregistrierungen ermittelt wurde. In Sonderfällen, in denen die näherungsweise Aufgliederung der Intensitätsdauerlinie nach der Tageszeit nicht genügt, kann die genaue Aufgliederung dadurch geschehen, daß der Registrierstreifen in mehreren Durchgängen durch den Auswertautomaten einzeln für die gewünschten Zeitabschnitte intensitätsabhängig ausgewertet wird.

c. Auswertung zwecks Summenzählung

Läßt man die Tagesstreifen mehrerer Meßstellen hintereinander durch den Automaten laufen, so erhält man bei der Auswertung nach b. die Summenwerte für die Tagesstunden. Man kann nun z. B. die Summen-Tagesbelastungskurve des Wirkverbrauchs und des Blindverbrauchs aufzeichnen und zeichnerisch oder rechnerisch die Summen-kVA-Werte feststellen. Gewöhnlich genügt sogar die Ablesung nur des Höchstwertes der beiden Komponenten, um die tägliche kVA-Spitze zu erhalten. Bei Summenmeßaufgaben handelt es sich im allgemeinen um Anlagen von solcher Bedeutung, daß diese tägliche Feststellung angebracht ist. Subtraktionen sind im Automaten selbst nicht durchführbar, sondern müssen durch Rechnung vorgenommen werden.

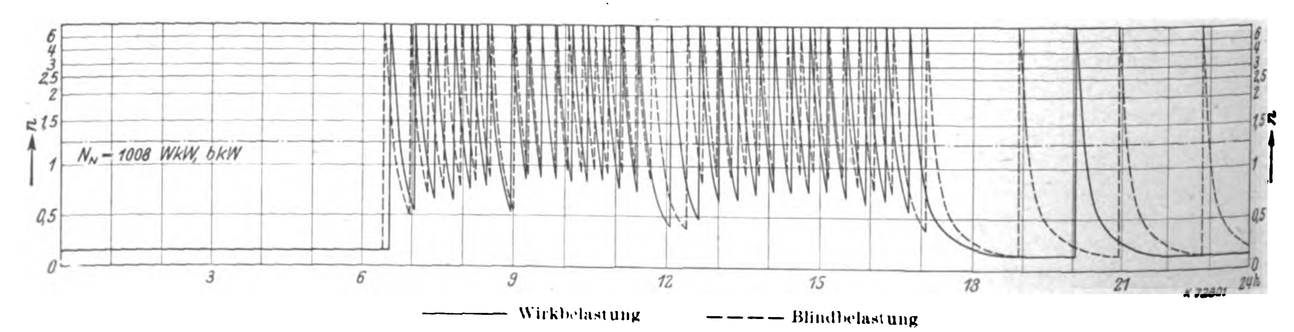
d. Reproduktion zeitlich veränderlicher Intensitätsverläufe

Die Reproduktion des Intensitätsverlaufs wird dem Auswertvorgang von Intensitätsdauerlinien parallel geschaltet. Das Schreibgerät ist ein Zusatzgerät (Bild 5) zum Auswertungs-Automaten, das mit diesem über eine mehradrige Steckkabelverbindung gekoppelt wird. Der elektrische Teil des Geräts (s. Bild 3) besteht aus einem Synchronmotor A^{III} für den Antrieb des Registrierstreifens, dem Synchronmotor A^{IV} für den Antrieb der Schreibvorrichtung und einem Synchronmotor A^{V} für die Rückführung der Schreibvorrichtung in die Ausgangslage, zwei Endstellungskontakten, den Kupplungsrelais K_I und K_{II} und einem Auslöserelais N. Durch Zwischenschalten eines Leitkurvensystems zwischen die Schreibvorrichtung und ihren Antriebsmotor A^{IV} wird die Teilung der Intensitätsskala bestimmt.

Die beiden Motoren A^{III} und A^{IV} liegen mit dem Antriebsmotor A^{I} für den auszuwertenden Festmengen-Registrierstreifen zusammen über die Kontakte c_1 und c_2 in ihrer Schaltstellung rechts am Wechselstromnetz, in der Schaltstellung links an der Gleichstrom-Hilfsspannung. Sie werden also jeweils mit dem Motor A^{I} zusammen eingeschaltet und stillgesetzt. Beim Stillsetzen am Ende eines Meßspieles wird weiterhin über den c_3-Kontakt das Hilfsrelais N und der Entkupplungsmagnet K^{II} für A^{IV} erregt. Durch die Umschaltung von n_1 wird die Entkupplung von A^{V} über K^{I} mit der Schreibvorrichtung aufgehoben, A^{V} erregt und die Rückführung der Schreibeinrichtung nach ihrer Ausgangslage bewirkt. Indem diese Lage erreicht wird, öffnet der Endkontakt w_2, K^{II} kuppelt A^{III} vorbereitend wieder mit der Schreibeinrichtung, während N über n_1 den Rückführungsmotor A^{V} abschaltet und über n_2 den Stromkreis für das E-Relais schließt, womit ein neues Auswertspiel eingeleitet wird.

Intensitätswerte unterhalb eines bestimmten festlegbaren Wertes, z. B. für $n = 0{,}125$ oder $n = 0{,}25$ werden nicht mehr direkt ausgewertet; im Bedarfsfall lassen sich diese Werte aus der im Schreibstreifen ablesbaren Festmengendauer berechnen. Erreicht die Schreibvorrichtung diesen unteren Grenzwert, so öffnet der Endkontakt w_1 den Stromkreis des die Schreibvorrichtung antreibenden Motors A^{IV} und setzt diese damit unabhängig vom Papiervortrieb still. Die Schreibvorrichtung arbeitet also derart, daß jeweils bei der Registrierung einer Festmenge für die Ermittlung der Intensitätsdauerlinie durch das Umschalten der Kontakte c_1, c_2 auf die Gleichstromhilfsspannung der Schreibstift bei stillgesetzten Antriebsmotoren in die Ausgangslage übergeführt, beim Einschalten des Antriebsmotors A^{I} anderseits der Papierstreifen wie der Schreibstift sofort wieder bewegt werden. Hierdurch werden auf den Registrierstreifen dreieck- bzw. sägezahnähnliche Figuren aufgezeichnet. Die Verbindungslinien ihrer Spitzen bzw. oberen Begrenzungslinien liefern die Begrenzungslinie des gesuchten Intensitätsverlaufs, wobei der unbeschriebene Rest von der Spitze dieser Figuren bis zur Nullinie dem Intensitätswert entspricht (Bild 6).

Das so gewonnene Belastungsbild unterscheidet sich von dem registrierenden Wattmeter dadurch, daß die ganz kurzzeitigen Schwankungen nicht in Erscheinung treten, und gegenüber dem Ergebnis registrierender Höchstlastmesser durch die Verdichtung der Meßpunkte bei erhöh-



——— Wirkbelastung – – – – Blindbelastung

Bild 6. Intensitätsverlauf (Tagesbelastungsverlauf) aus Festmengenregistrierungen einer Maschinenfabrik mit 1008 kW Nennleistung für den 27. XII. 1940.

ten Leistungen. Außerdem können ebenfalls Maßstäbe gewählt werden, die das Einheften in Aktenstücke und den Zusammenbau, z. B. zum Jahresbelastungsgebirge, ermöglichen.

Abschließend sei bemerkt, daß der Durchlauf des Registrierstreifens beliebig oft wiederholt werden kann, da er praktisch nicht abgenutzt wird. Als Aktenbeleg ist er jederzeit verfügbar. Falls Wert darauf gelegt wird, könnte durch eine besondere Stanzvorrichtung während des Auswertungsablaufs eine originalgetreue Kopie hergestellt werden.

Der wesentliche Vorteil des Verfahrens besteht darin, daß man an der Meßstelle mit einem einfachen und billigen Aufnahmegerät auskommt, das den eigentlichen Zähler nicht belastet, während beliebige Auswertungen zentral vorgenommen werden können. In der Energiewirtschaft ist es die Vielzahl der gleichartigen Meßstellen, in Industrie- und Verkehrsbetrieben die Mannigfaltigkeit der Meßaufgaben, die zur Auswertung das beschriebene Verfahren vorteilhaft erscheinen lassen.

Zusammenfassung

Ein allgemeines Verfahren zur Aufnahme und Analyse von Vorgängen veränderlicher Intensität mittels des Festmengen-Meßprinzips wurde beschrieben. Die Analyse aus Festmengen-Registrierstreifen geschieht mittels eines selbsttätig arbeitenden Gerätes, das die Intensitätsdauerlinie, den tageszeitabhängigen mittleren Intensitätsverlauf sowie dessen Summierung aus mehreren Meßstellen und den veränderlichen Intensitätsverlauf in der Zeit wiederzugeben gestattet. Das Verfahren eröffnet neue Wege zur allgemeinen Erforschung von Vorgängen veränderlicher Intensität.

Aus dem Schrifttum

[1] G. Dettmar, Über den Ausgleich der Einzelbelastung bei Elektrizitätswerken (Verschiedenheitsfaktor). ETZ 47 (1926) S. 33.
[2] F. Ferrari, Ein neues Tarifgerät, Wesen und Anwendungsmöglichkeit. Elektrizitätswirtsch. 34 (1935) S. 169.
[3] G. Schnaus, Zum Festmengentarif. Elektrizitätswirtsch. 35 (1936) S. 572.
[4] F. Ferrari, Über Anwendungen des Festmengen-Meßprinzips in Meß-, Zähl-, Schalt- und Regelgeräten. ETZ 57 (1936) S. 919.
[5] F. Ferrari, AEG-Festmengen-Registriergerät System Ferrari. AEG-Mitt. (1937) S. 101.
[6] W. Riebel, H. Schäfer u. Nils Helleberg, Betrachtungen zum Festmengentarif. Elektrizitätswirtsch. 36 (1937) S. 311.
[7] W. Borgquist, Dauerzähler zur Aufnahme von Dauerkurven. ETZ 58 (1937) S. 449.
[8] W. Borgquist, Verwendung der Dauerkurve. ETZ 58 (1937) S. 455.
[9] F. Führer, Gerät zur gleichzeitigen Ermittlung der Belastungskurve und der Leistungsdauerlinie. ETZ 58 (1937) S. 642.
[10] J. Kuusinen, Briefe an die ETZ. ETZ 58 (1937) S. 1383.
[11] J. Apfel, Die Abhängigkeit des Strompreises von der bestellten Leistung beim Festmengentarif. AEG-Mitt. (1938) S. 70.
[12] W. Kirchner, Schaltungen und Geräte zum Glätten des Energieverbrauchs. Siemens-Z. 9 (1938) S. 433.
[13] W. Willing u. J. H. Kulenkampff, Zur Blindleistungsfrage. ETZ 61 (1940) S. 1179.

Neue Wege in der Auswahl der Isolation auf Grund der Beanspruchung im Betrieb

Von **W. Estorff VDE**, Berlin

(Schluß von S. 369)

DK 621.311.048

6. Verhalten sauberer und verschmutzter 10 kV-Isolatoren bei Beanspruchung durch Einschwingvorgänge mit überlagerter Mittelfrequenz

Die im Laufe der Zeit betriebsmäßig zu erwartende Verschmutzung macht eine gewisse Überbemessung der Isolation aller Anlagenteile, die den Einflüssen der Atmosphäre ausgesetzt sind, notwendig. Für Freiluftisolatoren sind bereits Angaben darüber gemacht worden[10]), durch besondere Schirmformen ohne Vergrößerung der Schlagweiten das Isoliervermögen über längere Zeiträume aufrecht zu erhalten und Betriebsstörungen durch häufige Reinigungspausen zu vermeiden. Ferner wurden Angaben gemacht, wie man in Sonderfällen ausnahmsweise die Reinigung der Anlage durch Abspritzen im Betriebe vornehmen kann[11]).

Ein ähnliches Verhalten wie die Freiluftisolatoren zeigen die Isolatoren für Innenräume, sobald die Schaltanlage nicht regelmäßig vom Staub gereinigt wird und die Temperatur der Isolatoren unter dem Taupunkt der eingeschlossenen Luft in der Anlage liegen kann. Dieses Absinken des Isoliervermögens der Anlage kann nicht durch Anwenden von Überspannungsableitern unschädlich gemacht werden, sondern nur durch eine erhebliche Überbemessung der Isolation. Wirtschaftlicher ist dagegen das Beibehalten der normalen Bemessung und regelmäßige Säuberung der gesamten Anlage und ihrer Isolatoren von Schmutz und Staub. Im besonderen ist ein schwaches Beheizen der Anlage zu den Zeiten angebracht, wo plötzliche Witterungsumschläge Tauniederschlag befürchten lassen. Beim Entwurf neuer Anlagen sollte hierauf von Anfang an geachtet werden. Nach unserer Erfahrung werden leider die Ursachen der durch Tauniederschläge hervorgerufenen Überschläge in der Anlage häufig verkannt und die Betriebsunterbrechung auf das Sündenregister der Überspannungen geschoben und dementsprechend mit unwirksamen Mitteln bekämpft. So wurde an Stützisolatoren und Durchführungen der Spannungsreihen 10 bis 110 für Innenräume je nach der Stärke der Verschmutzung ein Absinken der Überschlagspannung bei 50 Hz auf 20 bis 30 % der Überschlagspannung im trockenen und sauberen Zustande festgestellt, sobald sich auf der Oberfläche ein Taubelag niederschlug. Offenbar enthielt in den vorgenannten Fällen die Schmutzschicht wasserlösliche Salze, die bei Zutritt von Tau eine gesättigte, gut leitende Lösung bildeten und den Überschlag über die Oberfläche einleitete. Dagegen wiesen die Stützer im verstaubten, aber trockenen Zustande gleichhohe Werte wie bei trockener und sauberer Oberfläche auf.

Um Klarheit über den Gehalt des Staubes an wasserlöslichen Anteilen zu gewinnen, wurde eine Reihe von Staubproben aus Staubsaugern aus sechs verschiedenen deutschen Großstädten beschafft und auf ihre chemische Zusammensetzung untersucht. Tafel 1 gibt die hierbei erhaltenen Grenzwerte und die mittlere Zusammensetzung des Staubes an. Für die Beurteilung der Gefährlichkeit einer Staubsorte dient in erster Linie das Leitvermögen einer Lösung von 5 % Gewichtsteilen Staub in 95 % Gewichtsteilen destilliertem Wasser. Die beobachtete Leitfähigkeit betrug bei 20 ° im Mittel 2578 $\mu S\ cm^{-1}$. Leitungswasser hat vergleichsweise rd. 300 bis 700 $\mu S\ cm^{-1}$. Der Staub enthält im Mittel 6,9 % Kalk, der meistens als Gips auftritt, in der Nähe der Meeresküste Magnesia bis zu 3,7 % und bis zu 3 % Chlor in Verbindung mit Natrium und Magnesium. Den maßgebenden Hauptteil an wasserlöslichen Salzen liefern mit 27 % im Mittel die Alkalien Soda und Pottasche aus den Verbrennungsrückständen der

[10]) W. Estorff und W. Weber, ETZ 61 (1940) S. 645 u. 669.
[11]) W. Estorff u. W. Weber, Abspritzen von Hochspannungsisolatoren im Betrieb. ETZ 61 (1940) S. 817. — A. Roggendorf, Reinigung von Höchstspannungsanlagen unter Spannung. ETZ 61 (1940) S. 823.



Tafel 1. Zusammensetzung und Leitfähigkeit einer wässerigen Lösung von Staub (sechs deutsche Großstädte).

Nr.	Zusammensetzung	Grenzwerte %	Mittelwert %
1	Kalk Ca O	3,15 ··· 10,5	6,9
2	Magnesia Mg O	0,9 ··· 10,5	3,7
3	Alkalien K_2CO_3, Na_2CO_3	16,7 ··· 54,3	27
4	Schwefelsäure SO_3	0 ··· 8,2	3
5	Chlor Cl	0 ··· 9,7	3
6	Schwermetalloxyde	0 ··· 1,5	0,6
7	Kieselsäure SiO_2	0 ··· 0,7	0,15
8	organische Bestandteile	25 ··· 68	55,65
9	Reaktion der wässerigen Lösung	neutral	
10	Reaktion der ausgeglühten anorganischen Bestandteile	alkalisch	
11	Leitfähigkeit der Lösung von 5 Gew.-% in dest. Wasser	294 ··· 7460 $\mu S\,cm^{-1}$	2578 $\mu S/cm^{-1}$

Kohle, die auch 3 % Schwefelsäure im Mittel liefert. Wasserlösliche kieselsaure Salze sind nur in Spuren, im Mittel 0,15 %, in dem Staube zu finden. Bemerkenswert ist der große Anteil wasserlöslicher organischer Verbindungen, im Mittel 55 %, die eine festhaftende, auf der Oberfläche klebende kolloidale Schmutzschicht bilden, die durch ihr Quellvermögen dicke, mit Ladungsträgern angereicherte Wasserschichten zu halten vermag.

In der Nähe chemischer Werke kann der Anteil gut leitender Salze noch erheblich größer als bei den obengenannten Staubproben sein. Tafel 2 gibt die Zusammensetzung der wasserlöslichen Anteile des Staubes aus fünf deutschen Innenraum-Industrieschaltanlagen wieder. Ob-

Tafel 2. Zusammensetzung und Leitfähigkeit einer wässerigen Lösung von Staub aus fünf Industrieschaltanlagen.

Nr.	Zusammensetzung	Grenzwerte %	Mittelwert %
1	Kalk Ca O	0,9 ··· 23,4	8,1
2	Magnesia Mg O	0,1 ··· 3,2	1,9
3	Alkalien K_2CO_3, Na_2CO_3	1,7 ··· 71	27,9
4	Schwefligsäure SO_2	2,3 ··· 33,9	19,7
5	Chlor Cl	0,3 ··· 26,6	7,9
6	Schwermetalloxyde	0 ··· 3,2	1,5
7	Kieselsäure $Si\,O_2$	0 ··· 0,64	0,2
8	Organische Bestandteile	19 ··· 43	32,7
9	Reaktion der wässerigen Lösung	schwach sauer bis	schwach alkalisch
10	Reaktion der ausgeglühten anorganischen Bestandteile	neutral bis alkalisch	
11	Leitfähigkeit der Lösung von 5 Gew.-% in dest. Wasser	1650 ··· 8500 $\mu S/cm^{-1}$	4710 $\mu S/cm^{-1}$

wohl sich hier der Einfluß der Verschmutzung besonders störend bemerkbar machte, spiegelt sich dies in den Staubanalysen nicht der Wirklichkeit entsprechend wider. Wahrscheinlich liegt dies daran, daß der Staub selbst nur einen Teil der störenden Einflüsse darstellt, die außerdem auf die Isolation der Anlagen einwirken. Um eine richtige Feststellung des Einflusses gasförmiger Komponenten wie H_2S, SO_2, HCl, NH_3, NO_2 u. a. neben Salzen und organischen Verbindungen durchführen zu können, wurden Staub, Salze und Gase in einer flachen Glasschale aufgefangen, in der durch laufendes Nachfüllen von destilliertem Wasser ein bestimmter Pegelstand von 35 mm Höhe aufrechterhalten wurde. Die Schnelligkeit der Leitfähigkeitszunahme des destillierten Wassers in der Auffangschale gibt einen Maßstab für die Gefährdung der Isolatoren durch Oberflächenverschmutzung in der betreffenden Anlage. Messungen in zwei verschiedenen Freiluftanlagen zeigten eine mittlere tägliche Leitfähigkeitszunahme von 14 bzw. 24 $\mu S\,cm^{-1}$. Im letzteren Falle erwies sich der nachträgliche Umbau der Freiluftanlage in eine Innenraumanlage als notwendig.

Im folgenden wird auf den oben erwähnten nachteiligen Einfluß des Staubes auf das Isoliervermögen an

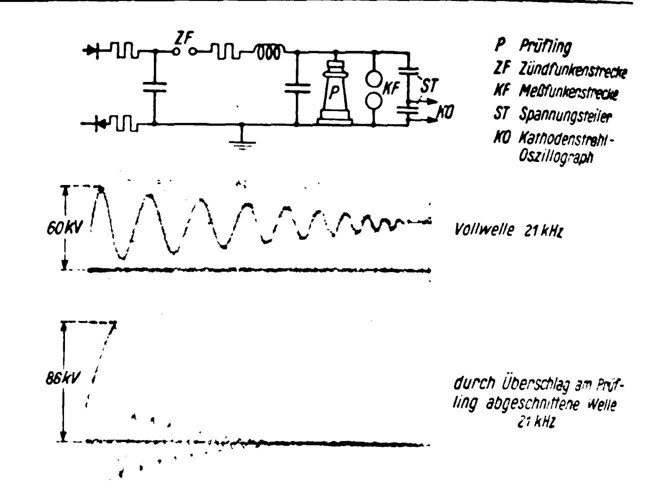


Bild 9. Schaltbild und Kathodenstrahl-Oszillogramm der Einschwingspannung.

Hand von Versuchen näher eingegangen. Die Versuche wurden auf Innenraumstützer der Reihe 10 mit glatter und gerillter Oberfläche beschränkt. Die glatten Stützer hatten zwischen den außen aufgekitteten Flanschen eine Schlagweite von 125 mm, die gerillten zwischen den eingepreßten Innenbewehrungen 118,5 mm Schlagweite in Luft. Die Verschmutzung wurde in senkrechter und waagerechter Stellung der Stützer vorgenommen, da hierbei ein unterschiedliches Verhalten zu erwarten war. Hierzu wurde laut Vorschrift[12]) Braunkohlenflugasche, zu 25 % mit Portlandzement gemischt, verwendet. Da weder die Stoßwelle 1|50 noch die Wechselspannung von 50 Hz allein ein richtiges Bild des Verhaltens der Stützer gegenüber den betriebsmäßig auftretenden inneren Überspannungen zu geben versprach, so wurden die Absinkkurven der Überschlagspannung bei zunehmender Verschmutzung auch für die Einschwingspannung nach Bild 7 aufgenommen. Bild 9 gibt die hierfür verwendete Schaltung und Oszillogramme einer Vollwelle und einer abgeschnittenen Welle der Einschwingspannung mit 21 kHz überlagerter Mittelfrequenz wieder. In Bild 10 sind die Scheitelwerte der verschieden angewendeten Spannungswellen über der Zahl der Verschmutzungen aufgetragen. Bei Stoß und mittelfrequenter Einschwingspannung liegen jeweils die Werte der positiven bzw. negativen Überschlagspannung über den trockenen Stützer trotz der stark voneinander verschiedenen Steilheit der Wellenstirnen gleich hoch. Bei Stoß ist die Überschlagspannung des senkrecht stehenden Stützers weitgehend unabhängig vom Grade der Verschmutzung. Dagegen tritt bei Mittelfrequenz und Wechselspannung ein stärkeres Absinken ein, wie es in ähn-

[12]) VDE 0448; ETZ 60 (1939) S. 1135.

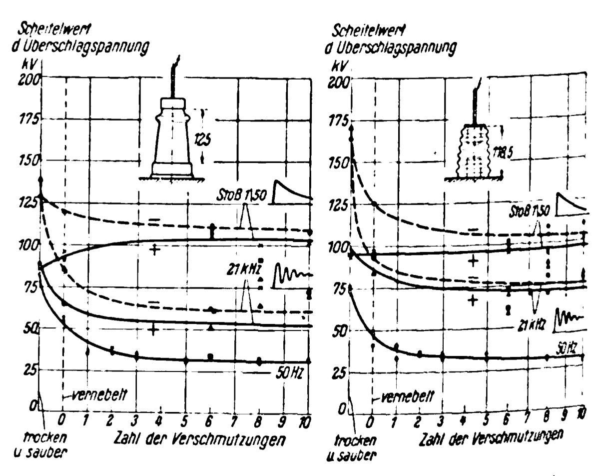


Bild 10. Absinkkurven verschmutzter 10 kV-Stützer in senkrechter Anordnung.

licher Art bei Anwendung von Stoßwellen längerer Halbwertdauer beobachtet wurde[13]). Der Scheitelwert der Überschlagspannung beim Einschwingvorgang beträgt bei dem stark verschmutzten und betauten Stützer rd. 50 kV. Dieser Wert liegt nur wenig höher als der Scheitelwert der zu erwartenden höchsten inneren Überspannungen, der zum 2,5fachen Scheitelwert der Erzeugerspannung, d. h. rd. 40 kV angenommen werden darf. Die Schlagweite von 125 mm zwischen den außen aufgekitteten Kappen der glatten 10 kV-Innenraumstützer erscheint hiernach berechtigt.

Die Innenarmaturen der hier verwendeten gerillten Stützer verlegen den Punkt höchster Beanspruchung aus der Luft in das elektrisch festere Porzellan und bringen damit ein Heraufsetzen der Überschlagspannung bei Stoß und Einschwingspannung mittlerer Frequenz um etwa 30 % mit sich. Würde man den Rillenisolator statt 118,5 mm nur 95 mm hoch machen, wie in Bild 8 vorgeschlagen wurde, so würde er immer noch die gleichen Trockenwerte der Überschlagspannung wie der glatte Stützer mit außen aufgekitteten Kappen aufweisen. Bei waagerechter Anordnung der Stützer lagert sich mehr Staub auf der Oberfläche ab als bei senkrechter. Deshalb ist sowohl bei Stoß, Mittelfrequenz und Wechselspannung ein stärkeres Absinken der Überschlagspannungen festzustellen. Während sich der Stützer mit glatter Oberfläche in sauberen Betrieben bestens bewährt hat[14]), verhält sich der gerillte in staubiger Umgebung besonders in waagerechter Lage günstiger. An den senkrechten Flanken der Rillen haftet nämlich der Staub nur wenig, so daß die Oberfläche in eine Anzahl verschmutzter und nahezu sauberer Streifen zerlegt wird, die dieses günstige Verhalten erklären.

Die Scheitelwerte der Einschwingspannung liegen beim Überschlag zwischen den Werten für Stoß und Wechselspannung und zeigen, daß die beiden letztgenannten Arten der Beanspruchung kein getreues Bild des Verhaltens der Isolation im Betriebe zu geben vermögen. Dies ist verständlich, weil der Mechanismus des Überschlages über eine verschmutzte und feuchte Oberfläche zum großen Teile auf thermischen Vorgängen beruht, bei denen die Einwirkungsdauer eine wesentliche Rolle spielt. Das beobachtete Verhalten unterstreicht die Berechtigung zu unseren oben angestellten Betrachtungen über die Art der Spannungsbeanspruchung der Isolation. Die Durchschlagspannung fester und flüssiger Isolierstoffe dürfte ein ähnliches Verhalten bei verschiedener Beanspruchung ergeben. Die Eigenart der Einschwingspannung, die gewissermaßen eine Stoßwelle mit einer überlagerten Mittelfrequenzschwingung darstellt, läßt ein von den Untersuchungsergebnissen amerikanischer Forscher[15]) in mancher Hinsicht abweichendes Verhalten der Isolatoren erwarten.

Die obengenannten Untersuchungsergebnisse an verschmutzten Innenraumisolatoren zeigen anschaulich, wie notwendig eine rechtzeitige und regelmäßig wiederkehrende Reinigung der Isolatorenoberfläche ist. Vor allem muß aber das Auftreten von Tauniederschlägen auf den Isolatoren durch eine bei plötzlichen Witterungsumschlägen einsetzende schwache Beheizung der Anlage verhindert werden. Hierbei spielt außerdem die richtige Belüftung[16]) der Anlage eine maßgebende Rolle.

7. Einfluß der Erdleitungen auf das Schutzvermögen der Überspannungsableiter

Wenn man die Isolation einer Anlage einschließlich der oben genannten Zuschläge so groß bemißt, daß sie mit Sicherheit den inneren Überspannungen standhält, so

[13]) W. Wanger, Cigre-Bericht Nr. 209, 1939.

[14]) K. Kuhlmann, ETZ 31 (1910) S. 90.

[15]) V. M. Montsinger, Electr. Engng. 54 (1935) S. 1300. — P. L. Bellaschi u. W. L. Teague, Electr. Engng. 56 (1937) S. 164.

[16]) W. Estorff, Lüftung von Hochspannungs-Schaltanlagen im Bau und Betriebe. ETZ 35 (1924) S. 762.

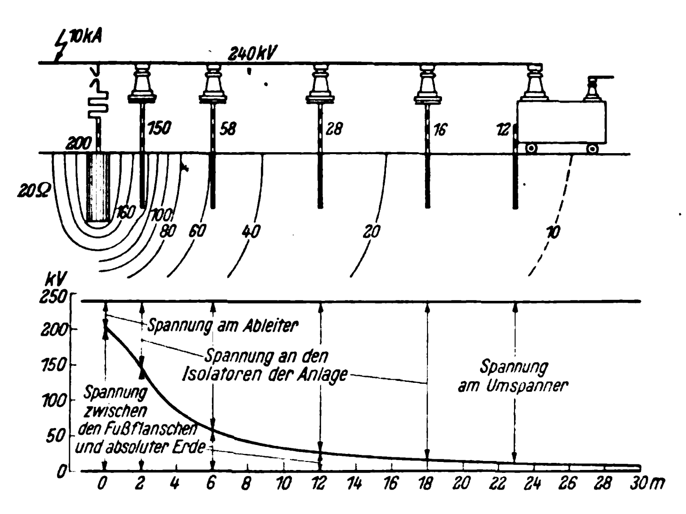


Bild 11. Überspannungsschutz einer 10 kV-Anlage durch Ableiter bei einzeln geerdeten Geräten.

geht daraus hervor, daß man darüber hinaus besondere Schutzvorkehrungen gegen die Gewitterüberspannungen treffen muß, um die Anlage betriebssicher zu machen. Hierzu gehören Maßnahmen, wie Schutz der Freileitung durch Erdseile, gute Erdung der Leitungsmasten, Erdschlußlöschung und schließlich der Einbau wirksamer Überspannungsableiter. Jedoch der beste Ableiter, der alle Prüfungen im Prüffelde des Herstellers bestanden hat, erfüllt seinen Zweck nicht, wenn sein Einbau nicht sachgemäß erfolgt.

Wir haben gefunden, daß die häufig beim Einbau begangenen Fehler zum Teil auf eine nicht ganz zutreffende Vorstellung seiner Wirkungsweise zurückzuführen sind. An Bild 11 wird der Einfluß der Erdung auf das Schutzvermögen eines Überspannungsableiters erläutert. Die dargestellte Einzelerdung jedes Gerätes einer 10 kV-Anlage ist grundsätzlich falsch und wird nur zum besseren Verständnis der folgenden Ausführungen in diesem Bilde vorausgesetzt. Hierzu wird der seltene Fall eines die Leitung in nächster Nähe der Station treffenden unmittelbaren Blitzschlages von einer Ergiebigkeit von 10 kA angenommen, der über den Ableiter nach Erde fließt, wobei an dessen Klemmen die Begrenzungsspannung von 40 kV Scheitelwert auftritt. Der Blitzstrom fließt weiter über den Erdwiderstand des Mastes, an dem der Ableiter angebracht ist, und ruft in dessen Erdausbreitungswiderstand von 20 Ω einen Spannungsabfall von 200 kV Scheitelwert hervor, so daß auf der Leitung eine Wanderwelle von 40 + 200 = 240 kV Scheitelwert in die Station einzieht. Die in Bild 11 dargestellten, nicht stromdurchflossenen Rohrerder der einzelnen, durch Isolatoren angedeuteten Geräte der Anlage greifen nun an dem Spannungstrichter des Ableitererders bestimmte Spannungswerte ab, auf die sie die Fußflansche der an sie angeschlossenen Geräte hochheben. Am stärksten macht sich dieses Anheben bei dem dem Ableitererder nächsten Geräte bemerkbar, dessen Erder während des Blitzschlages ein Potential von 150 kV annimmt. Der Unterschied zwischen dem Potential der Leitung und dem des benachbarten Erders von 90 kV stellt die Stoßspannung dar, die den Isolator des ersten Gerätes der Anlage beanprucht. Dieser Wert liegt knapp unterhalb der 50 %-Stoßüberschlagspannung dieses Isolators. Die Spannungen, die an den anderen Isolatoren auftreten, sind weit größer, da mit wachsendem Abstande von dem stromdurchflossenen Erder das Potential der anderen Rohrerder sich immer mehr dem absoluten Erdpotential Null nähert. Diese Art der Erdung ist demnach nicht nur zwecklos, sondern gefährlich.

Fast ebenso unrichtig wie die in Bild 11 dargestellte Art der Erdung ist die noch bis heute in einigen Ländern

vorgeschriebene[17]) räumliche Trennung der Schutz- und Betriebserde, wobei die Geräte an einen gemeinsamen Erder angeschlossen werden, der aber von dem Erder des Ableiters getrennt ist.

Der Ableiter kann seine Schutzwirkung nur ausüben, wenn er den Kopf- und Fußflanschen der zu schützenden Isolatoren unmittelbar parallelgeschaltet wird (Bild 12), wie dies bei den Hörnern jeder Parallelfunkenstrecke seit jeher üblich ist. Soll er die Isolatoren der ganzen Anlage vor Überschlägen schützen, so muß die Erdleitung den drei Leitern der Drehstromleitung möglichst getreu folgen. Der Ableiter hat vor allem nicht den Zweck, die Spannung der Leitung gegen Erde auf einen bestimmten Wert zu begrenzen; er dient vielmehr dazu, das Potential der geerdeten Geräteteile auf einen Wert zu heben, der nur um die Ableiterbegrenzungsspannung von dem der Leitung verschieden ist. Obwohl nach dieser Überlegung die Höhe des Erdübergangswiderstandes des Erders der Anlage keinen Einfluß auf die Schutzwirkung des Ableiters ausübt, muß man trotzdem bestrebt sein, möglichst niedrige Erdübergangswiderstände innezuhalten, um rückwärtige Überschläge zu den Niederspannungsleitungen der Anlage zu verhüten. Dies ist besonders dann zu beachten, wenn die Sammelerdleitung über mehrere Einzelerder geerdet ist.

Man kann diese Überlegung dahin erweitern, daß die spannungsbegrenzende Wirkung des Überschlages an einem Isolator der Freileitung nur so weit gewährleistet ist, wie die Erdleitung der Freileitungsmasten bis in die Station hineingeführt und gutleitend mit der Stationssammelerdleitung verbunden wird. Sind in einer Station mehrere Erder vorhanden, so sind sie auf nächstem Wege gut leitend miteinander zu verbinden.

Erdleitungen werden häufig in den Stationen an den Wänden der Räume verlegt (Bild 13) und folgen dem Laufe der Drehstromleitung in mehr oder minder großen Schleifen. Hierdurch ergeben sich unzuträgliche Erhöhungen des Wellenwiderstandes, den die einlaufende Wanderwelle beim Eindringen in die Anlage vorfindet. Anders betrachtet findet man, daß die Wanderwelle auf der Hochspannungsleitung schon bis an das Ende gelaufen sein kann, während sie auf den Schleifen der Erdleitung erst bis zur Hälfte von deren Länge vorgedrungen ist. Der geerdete Kessel des Transformators in Bild 13 befindet sich im ersten Augenblick des Auftreffens der Wanderwelle von der Leitung her noch auf dem Potential der absoluten Erde. Erst beim Eintreffen der über die

17) Französische Vorschriften: Publication 409 de l'Union des Syndicats de l'Electricité (1935), Section II, Isolement des Installations électriques — mises à la Terre, Art. 9.

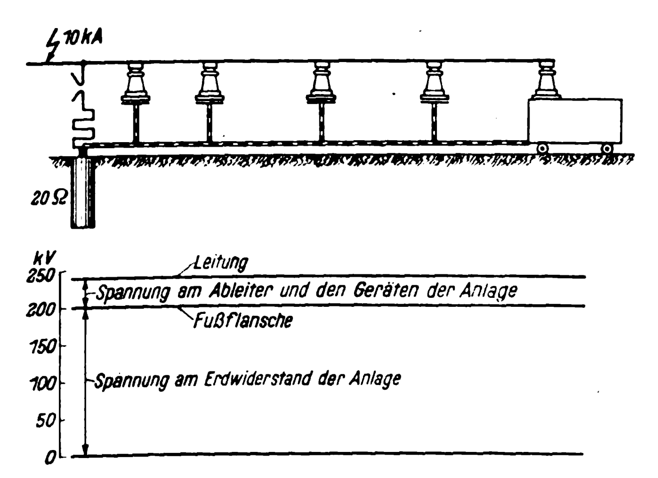


Bild 12. Überspannungsschutz einer 10 kV-Anlage durch Ableiter mit Heben des Potentials durch Fußflansche beim Ableitvorgang.

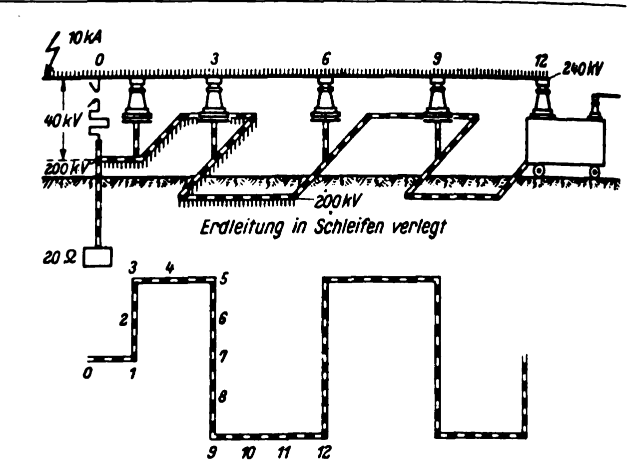


Bild 13. Überspannungsschutz einer 10 kV-Anlage durch Ableiter. Wirkung von Schleifen in der Erdleitung.

Erdleitung laufenden Welle wird das Potential des Kessels durch die Wirkung des Überspannungsableiters so weit angehoben, daß die Spannung zwischen Leitung und Kessel der Begrenzungsspannung des Ableiters entspricht. Handelt es sich hierbei um einen steilen Spannungsanstieg, wie er bei einem Blitzschlag möglich ist, so tritt in der Zwischenzeit eine vielleicht kurzzeitige, aber doch hohe Spannungsspitze zwischen Hochspannungswicklung und Eisenkern auf, die ein Punktieren der festen Isolation zur Folge haben kann. Hieraus ist zu entnehmen, daß die Erdleitung nicht nur die Fußflansche aller Isolatoren auf kürzestem Wege mit der Erdklemme des Ableiters verbinden soll, sondern daß sie auch dem Laufe der Hauptleitung möglichst getreu folgen muß. Ebenso sollen alle von den Freileitungen her einlaufenden Erdseile parallel zu den Leitungen bis zur Stationserde weitergeführt werden.

Zusammenfassung

Weder die Wechselprüfspannungen noch die 50%-Stoßüberschlagspannungen der einzelnen Anlagenteile weisen miteinander vergleichbare Werte auf, um als Grundlage für eine Isolationsbemessung dienen zu können. Gewisse Anlageteile müssen je nach Rücksicht auf die zu erwartende Minderung ihrer Oberflächenisolation oder Alterung ihrer Innenisolation von vornherein stärker als andere Teile bemessen werden. Die Anlagenteile haben ausreichendes Isoliervermögen, sobald sie den täglich auf sie einwirkenden inneren Überspannungen der Anlage mit Sicherheit standhalten und gegen die seltener auftretenden Gewitterüberspannungen in geeigneter Weise geschützt werden. Die Kenntnis der Zusammenhänge zwischen Höhe, Häufigkeit und Gepräge der inneren Überspannungen ist eine notwendige Vorbedingung, wenn man diese zur Grundlage der Isolationsbemessung machen will. Deshalb besteht für uns die Aufgabe, diese Frage einmal durch Aufnahmen mit dem Kathodenstrahl-Oszillographen in den Netzen, ferner durch Auswertung der bereits vorhandenen Literaturangaben[18]) zu klären. Anderseits muß das Verhalten der gasförmigen, flüssigen und festen Isolation im Versuchsfeld bei Einschwingfrequenzen verschiedenen Gepräges festgestellt werden. Dann besteht die Aussicht, der bisher rein auf Erfahrung aufgebauten Isolationsbemessung eine technisch-wirtschaftliche Grundlage zu geben.

18) R. D. Evans, A. C. Monteith und R. L. Witzke, Power-System Transients caused by Switching and Faults. Electr. Engng. 58 (1939) Transactions S. 386. — Edith Clarke, S. B. Crary und H. A. Peterson, Overvoltages during Power-System Faults. Electr. Engng. 58 (1939) Transactions S. 377. — H. Neuhaus, Überspannungsmessungen mit dem Klydonographen in deutschen Hochspannungsnetzen. Arch. Elektrotechn. 25 (1931) S. 333.



RUNDSCHAU

Elektrische Maschinen

DK 621.313.17

Der Amplidyne-Generator, ein dynamoelektrischer Verstärker für Leistungssteuerung. [Nach E. F. W. Alexanderson, M. A. Edwards u. K. K. Bowman, Gen. Electr. Rev. 43 (1940) S. 104; 3 S., 5 B.]

Die amerikanischen Verfasser bezeichnen unter Anlehnung an die Rundfunktechnik als dynamoelektrischen Verstärker bzw. Amplidyne-Generator eine mit lamelliertem Ständer gebaute Gleichstrom-Kommutatormaschine mit zwei zueinander senkrechten Bürstensätzen nach Bild 1, die sich in der äußeren

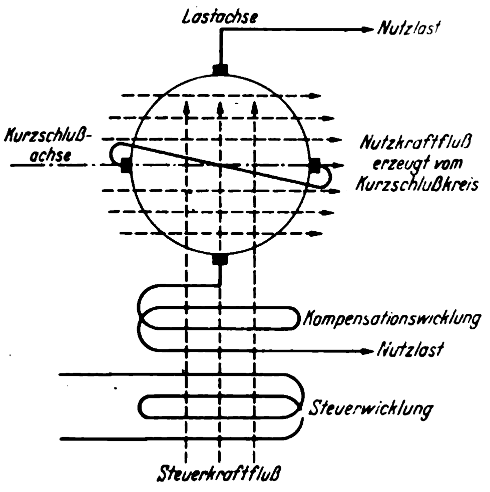


Bild 1. Grundsätzliche Schaltung des Amplidyne-Generators.

Schaltung von der bekannten Ankerquerfeldmaschine für Zugbeleuchtung hauptsächlich durch das Hinzufügen einer Kompensationswicklung im Lastkreis der Nutzbürsten unterscheidet. Die Maschine besitzt auch große Ähnlichkeit mit dem Metadyne-Generator von Pestarini[1]), dient jedoch einem ganz besonderen Zweck, nämlich hochgradiger Verstärkung einer Regelleistung mit dem Kennzeichen trägheitslosen Arbeitens, so daß alle Steuerimpulse praktisch ohne Verzögerung übertragen werden. Es wird auseinandergesetzt, daß die Glühkathodenröhre als Thyratron für die Beherrschung der Regelprobleme großer Maschinen unwirtschaftlich groß wird, so daß eine Maschine hier vorteilhafter ist. Als Verstärkung wird das Verhältnis der Ausgangsleistung in VA an den senkrechten Nutzbürsten zur Eingangsleistung an den Klemmen der Steuerwicklung bezeichnet. Die Verstärkung findet in zwei Stufen statt, einmal von der Leistung der Steuerwicklung zur Leistung im Querfeldkreis (Kurzschlußbürstenkreis) und zweitens vom Querfeldkreis zum Nutzkreis. Unter der Annahme, daß der magnetische Fluß zur Erzeugung der Kurzschluß-EMK $^1/_{10}$ des Flusses zur Erzeugung der Nutz-EMK beträgt, sind die VA des Kurzschlußkreises gleich 100 mal VA des Steuerkreises und die VA des Nutzkreises gleich 100 mal VA des Kurzschlußkreises, so daß sich der gesamte Verstärkungsfaktor zu 10 000 ergibt. Man kann auch sagen, die Ineinanderschachtelung von zwei Maschinen, von denen jede eine Erregerleistung von 1% ihrer Nutzlast hat und von denen die erste zur Erregung der zweiten dient, ergibt diese Verstärkung. Die Folge der geringen notwendigen Energie des primären Steuerkreises ist die, daß man den Widerstand r dieses Stromkreises, ohne unwirtschaftliche große Werte zu erhalten, so hoch wählen kann, daß die Zeitkonstante L/r klein genug und damit praktisch trägheitsloses Arbeiten erreicht wird. Die magnetische Rückkopplung als Rückwirkung zwischen Nutzkreis und Steuerkreis macht infolge des großen Zahlenverhältnisses eine genaue Abstimmung der sorgfältig verteilten Kompensationswicklung erforderlich, wobei nicht nur der stationäre Zustand mit reinem Gleichstrom, sondern auch der Regelvorgang mit Einschwing- bzw. Wechselstromvorgang zu berücksichtigen ist. Ist der Nutzkreis stark induktiv, wie z. B. der Feldwicklungskreis einer großen Synchronmaschine, so kann der Rückkopplungseffekt des Wechselstromanteils auf das Steuerfeld und damit auch auf die Nutzspannung und den Nutzstrom infolge der Phasenverschiebung positiv werden, d. h. es kommt nach Abschalten der Steuererregung zu einer Selbsterregung mit Wechselstrom.

Um diese Vorgänge aufzuklären, untersuchten die Verfasser den Generator in der Schaltung nach Bild 1 bei Speisung der Steuerwicklung mit Wechselstrom von 4 Hz. Im Oszillogramm der genau kompensierten Maschine zeigt sich tatsächlich beim Einschalten des Laststromes keine Rückwirkung auf den Steuerkreis und die Nutzspannung. Bei Unterkompensation zeigt die Maschine beim Einschalten des Laststroms ein wesentliches Anwachsen der Lastspannung, also die umgekehrte Wirkung wie bei konstantem Gleichstrom. Bei der unterkompensierten mit Wechselstrom erregten Maschine, die ebenso wie vorher auf induktive Last speist, verbleibt bei Öffnung des Steuerkreises eine Selbsterregung, und der Lastkreis arbeitet mit etwas höherer Periodenzahl.

Der praktische Betriebsfall umfaßt schnelle Regelungs- und Einschwingvorgänge, die einem Gleichstrom überlagert sind. Bild 2 zeigt das Oszillogramm für einen solchen Fall und das plötzliche Einschalten der Steuerfeldwicklung. Entsprechend der Reaktanz der Steuerwicklung braucht der Steuerstrom A bis zum Höchstwert zwar 0,05 s, jedoch das Oszillo-

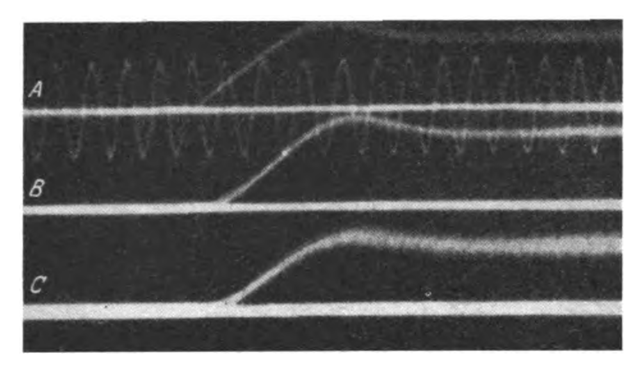


Bild 2. Oszillogramm eines Regelvorganges mit dem dynamoelektrischen Verstärker.

gramm zeigt, daß der Strom B der Kurzschlußachse und daher die Lastspannung C mit A in Phase sind. Die Verfasser beweisen hierdurch, daß für die Trägheit der ganzen Maschine nur die Zeitkonstante des Steuerstromkreises maßgebend ist und daß durch das Querfeld, welches die Nutzspannung erzeugt, keine merkliche zusätzliche Verzögerung hineinkommt. Die Zeitkonstante der ganzen Maschine wird zu $^1/_{20}$ s angegeben. In Fällen, in denen der Verstärker-Generator auf Motoren arbeitet, ist im Nutzkreis außer der Induktivität auch die als Kapazität sich auswirkende Ankermasse der geregelten Motoren zu berücksichtigen.

Abschließend werden Fälle erörtert, in denen noch mehr als eine 10 000 fache Verstärkung eines Regelvorganges erreicht werden soll. Hierbei ist dann als erste Stufe vor die Steuerwicklung eine Elektronenröhre nach Art der Rundfunkröhren einzuschalten. Mit ihr können Mikrowatt primär aufgenommen werden, so daß nach Angabe der Verfasser als Endergebnis so winzige Steuerenergien, wie sie in einem Lichtstrahl enthalten sind, zur Steuerung von Leistungen, die nach vielen PS zählen, verwendet werden können.

Bemerkung des Berichters: Schon vor mehreren Jahren entwickelte Pestarini die Maschine mit zwei Bürstenachsen als Generator-Metadyne in der Richtung weiter, daß er zusätzliche Wicklungen hinzufügte, die nur Teilpole umfaßten, und zwar genau wie jetzt die Amerikaner in der Absicht, den Querbürstenstrom zu verringern und die Kommutierung zu verbessern. Er behandelte in diesen Arbeiten auch die Zwischenschaltung der so verbesserten Maschine als möglichst trägheitsfreier Verstärker zwischen einem Regler und das Feld der zu regelnden Maschine. *Mnh.*

[1]) ETZ 59 (1938) S. 396 u. 881; ETZ 61 (1940) S. 333 u. 1070. — Sequenz, Elektrotechn. u. Masch.-Bau 57 (1939) S. 291.

Meßgeräte und Meßverfahren

DK 621.317.785

Bekanntmachung über Prüfungen u. Beglaubigungen durch die Elektrischen Prüfämter.

Nr. 546. Induktionszähler für mehrphasigen Wechselstrom.
(Amtsblatt der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt 15. Reihe Nr. 8.)

Auf Grund des § 10 des Gesetzes, betreffend die elektrischen Maßeinheiten, vom 1. Juni 1898 (Reichsgesetzbl. S. 905) werden den Systemen 200 bzw. 202 folgende Elektrizitätszählerformen als Zusatz eingereiht:

I. Zusatz zu System 200, die Formen EM6H, EM6HR, EM6HK, EM6Hf, EM6HL, EM6HRL, EM6HKL, EM6HfL, EM6HRK und EM6HRf, Induktionszähler für Drehstrom mit Nulleiter.

II. Zusatz zu System 202, die Formen EM5H, EM5HR, EM5HK, EM5Hf, EM5HRK und EM5HRf, Induktionszähler für mehrphasigen Wechselstrom,

sämtlich hergestellt von der Firma Heliowatt Werke Elektrizitäts-Aktiengesellschaft in Berlin-Charlottenburg.

DK 621.314.222.3

Nr. 547. Spannungswandler für einphasigen Wechselstrom.
(Amtsbl. der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt 15. Reihe Nr. 8.)

Auf Grund des § 10 des Gesetzes, betreffend die elektrischen Maßeinheiten, vom 1. Juni 1898 (Reichsgesetzbl. S. 905) sind die folgenden Spannungswandlerformen zur Beglaubigung durch die Elektrischen Prüfämter im Deutschen Reiche zugelassen und ist ihnen das beigesetzte Systemzeichen zuerteilt worden:

System 50, die Formen VTP II 42 S, VTP II 64 S und VTP II 86 S, Spannungswandler für einphasigen Wechselstrom, hergestellt von der Siemens & Halske Aktiengesellschaft in Berlin-Siemensstadt.

Berlin-Charlottenburg, den 7. Februar 1941.

Der Präsident der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt
In Vertretung
Möller

Fernmeldetechnik

DK 621.396.662.4

Die konzentrische Leitung als Resonator. [Nach F. Borgnis, Z. Hochfrequenztechn. 56 (1940) S. 47; 7½ S., 12 B.]

Auf der konzentrischen, beiderseits eben abgeschlossenen Rohrleitung sind verschiedene Schwingungszustände möglich[1]). Bei der in der Dezimeterwellentechnik häufigen Anwendung der Leitung als Resonator tritt ein Schwingungszustand ähnlich dem auf einer Lecherleitung auf, bei dem die axiale Länge der Leitung der halben Resonanzwellenlänge bzw. einem Vielfachen derselben gleich ist (Lecherleitungstyp). Dabei ist das radiale elektrische Feld und das zirkulare magnetische Feld längs der Leitungsachse sinusförmig verteilt. Für den Fall Kupfer — Luft ist die Dämpfung dieses Resonators gleich:

$$d = 1{,}92 \cdot 10^{-5} \sqrt{\lambda} \left(\frac{1}{r_2} \cdot \frac{1 + \frac{r_2}{r_1}}{ln \frac{r_2}{r_1}} + \frac{2}{l} \right)$$

(λ Wellenlänge, r_1 und r_2 Durchmesser der Leitung). Bei allen übrigen Schwingungszuständen sind außer der axialen Länge auch die radialen Abmessungen für die Resonanzfrequenzen maßgebend. Je nachdem, ob in Richtung der Zylinderachse nur eine elektrische Feldkomponente, jedoch keine magnetische Komponente oder aber nur eine magnetische, jedoch keine elektrische Feldkomponente auftritt, werden die Schwingungszustände in zwei Gruppen eingeteilt, die als der elektrische bzw. der magnetische Typ bezeichnet werden.

[1]) ETZ 61 (1940) S. 461, 722, 749, 838.

Für die Grundschwingungen beider Arten werden die Bestimmungsgleichungen aufgestellt und die Abhängigkeit der Resonanzfrequenz von den Leitungsabmessungen in Diagrammen angegeben. Für die Grundschwingung des elektrischen Typs (E_{001}-Typ) gilt als Näherungsformel $\lambda/r_2 = 2\,(1 + r_1/r_2)$ für Werte von $r_1/r_2 > 0{,}5$ an. In diesem Bereich ist die halbe Wellenlänge etwa gleich dem Leiterabstand ($r_2 - r_1$). Für den Hohlraumresonator ohne Innenleiter wird die Eigenwelle $\lambda = 2{,}61\, r_2$. Von den Werten r_2/r_1 und r_2/l hängt es ab, ob die elektrische Grundschwingung oder der Lechertyp die längere Resonanzwellenlänge im gleichen Hohlraum besitzt. Für $r_2/r_1 = 3{,}61$ und $r_2/\lambda = 1{,}36$ treten beide Schwingungszustände mit der gleichen Resonanzwellenlänge auf. Die Berechnung des Dämpfungsverhaltens ergibt, daß bei diesem Schwingungszustand die Dämpfung für $r_1/r_2 > 0{,}1$ etwas höher liegt als beim Lechertyp. Die geringste Dämpfung weist der Hohlraum ohne Innenleiter auf.

Nach dem Lechertyp besitzt die magnetische Grundschwingung (H_{111}-Typ) die längste Eigenwelle, die auf der konzentrischen Leitung auftreten kann. Bei festem Außenradius r_2 der Leitung wächst die Resonanzwellenlänge mit wachsendem r_1/r_2 von dem Wert der Eigenwelle des Hohlraums ohne Innenleiter ausgehend stetig an. Sie erreicht bei verschwindendem Leiterabstand $r_1/r_2 = 1$ und bei $l = \infty$ die Größe des äußeren Rohrumfanges $2\, r_2\, \pi$. Weiterhin werden die Werte für die erste Oberschwingung sowie die Feldbilder dieser Schwingungszustände angegeben. Die Eigenschaft der magnetischen Grundschwingung, einen Schwingungszustand zu liefern, der für $r_1/r_2 \to 1$ durch den Umfang und nicht durch den Leiterabstand ($r_2 - r_1$) bestimmt ist, unterscheidet diesen von den elektrischen Schwingungszuständen, deren Eigenwellen mit abnehmendem Leiterabstand gegen Null gehen. Die Bestimmung der Eigenwellen der H_{011}-Schwingung ergibt, daß diese in Abhängigkeit von r_1/r_2 identisch mit den Eigenwellen der E_{111}-Schwingung sind. Zum Schluß wird darauf hingewiesen, daß die für den Hohlraum gefundenen Ergebnisse sinngemäß auf die Fortleitung elektromagnetischer Wellen längs konzentrischer Rohrleitungen übertragen werden können. *Drg.*

Theoretische Elektrotechnik

DK 621.3.015.33+.5 : 621.315.2

Stoßspannungsdurchschlagsversuche an ölimprägnierten, papierisolierten Hochspannungskabeln. [Nach C. M. Foust u. J. A. Scott, Electr. Engng. 59 (1940) Transactions S. 389; 3 S., 3 B. + Disk. 2 S., 3 B.]

Ausgehend von der wachsenden Bedeutung von Stoßspannungsversuchen an Hochspannungskabeln in der Technik haben die Verfasser bereits schon seit dem Jahre 1931 Stoßversuche an Hochspannungskabeln durchgeführt. Sie bedienten sich bei ihren Versuchen eines Stoßgenerators, der die bekannte Parallelaufladung und Serienentladung von Kondensatoren benutzt. Dieser Generator lieferte eine maximale Spannung von 2 Mill V. Der Stoßgenerator besitzt in Serienschaltung eine Stoßkapazität von 0,0067 µF und eine Induktivität von 75 µH. Die Spannungsmessungen und Durchschlagsversuche wurden mittels eines Hochvakuumglühkathoden-Oszillographen registriert. Die Eichung dieses Oszillographen wurde von den Verfassern bereits in einer früheren Arbeit beschrieben; dabei empfahlen sie einen Vergleich der Spannungsmessung mit der Kugelfunkenstrecke. Bei ihren Versuchen betrug die Abweichung zwischen den beiden Meßverfahren weniger als 5%, was als hinreichende Genauigkeit für solche Messungen bei Kabeln angesehen wurde. Die verwandte Stoßwelle von positiver Polarität hatte eine Frequenz von 5×10^5 Hz. Die Wellenfront betrug 1 bis 1,5 µs. Bei den Versuchen wurden auf die zu untersuchenden, in einem Ölbad liegenden Kabel verschiedener Konstruktion, darunter Massesowie Ölkabel, und unterschiedlicher Isolationsstärke mit und ohne verdichteten Papieren eine Reihe von Stößen gegeben, wobei mit einer Spannung, die etwa 50% unter der Stoßdurchschlagsspannung lag, begonnen wurde. Die Spannungserhöhung betrug jedesmal etwa 5 bis 6%. Der Bleimantel war geerdet.

Als Ergebnis der Versuche wird hauptsächlich mitgeteilt, daß die untersuchten Kabel bei einer Durchschnittsfeldstärke von etwa 63 kV/mm bei positivem Stoß durchschlugen. Weiterhin wird noch mitgeteilt, daß die Kabel mit den verdichteten Papieren eine 10 bis 15% höhere Stoßdurchschlagspannung erzielen und daß die Wellenfront bei allen Versuchen praktisch gleich blieb. *itt.*



AUS ERZEUGUNG UND VERBRAUCH

Die Elektroindustrie und Elektrizitätswirtschaft der V. S. Amerika im Jahre 1940/41

DK 621.311.003.1/.2(73)

Die elektroindustrielle Erzeugung der V. S. Amerika hat ihren im Jahre 1939 eingeleiteten Aufschwung 1940 beschleunigt fortgesetzt. Umsätze, Auftragsbestände und Gewinne der großen wie auch der kleineren Unternehmen zeigen starke Erhöhungen. Dies ist in erster Linie auf den erweiterten elektrizitätswirtschaftlichen Ausbau, weiterhin auf umfangreiche Rüstungsaufträge und schließlich auch, wenn auch weniger bedeutsam, auf erhöhte Ausfuhrergebnisse zurückzuführen. Da der Bedarf an elektrischen Maschinen und Einrichtungen weiterhin anwächst, ist für 1941 mit einem Fortgang dieser Aufschwungsentwicklung zu rechnen. Die gesamte Ausdehnung steht zum großen Teil im Zeichen der wehrwirtschaftlichen Einrichtungen; zum kleinen Teil spiegeln sich in ihr die Bestrebungen wider, die durch den englischen Krieg von der Elektroausfuhr Europas abgeschnittenen Länder stärker als bisher zu Märkten für Erzeugnisse der V. S. Amerika zu machen.

Die Neuanlagen der privaten Elektrizitätsversorgungsunternehmen (Public Utility Companies), die sich 1929 auf 774 Mill $ belaufen hatten und in den nachfolgenden Jahren ähnlich wie in anderen Ländern absanken, erhöhten sich von 373 Mill $ im Jahre 1939 auf 485 Mill $ im Jahre 1940. Dabei ist zu beachten, daß von der für 1940 genannten Summe auf die maschinelle Ausrüstung, d. h. auf Generatoren, Umspannanlagen, Schaltanlagen usw., 57 % entfielen gegenüber 50 % im Jahre 1929. Aufwendungen für die Erneuerung und Unterhaltung elektrischer Anlagen sind in diesen Zahlen nicht einbegriffen.

Im Zusammenhang mit dem starken Mehrbedarf an elektrischer Energie für die Rüstungsbetriebe und die Erzeugung wehrwirtschaftlich wichtiger Stoffe (Aluminium, Magnesium usw.) erhöhte sich im vergangenen Jahr die Elektrizitätserzeugung der privaten, staatlichen und gemeindlichen Versorgungsunternehmen von 128,3 auf über 137 Mrd kWh. Dies bedeutet eine Zunahme der Erzeugung um 41 % im Vergleich zu 1929. Die eingebaute Generatorenleistung betrug Anfang 1941 rd. 41 Mill kW. Seit 1934 hatte im Jahresmittel die Vergrößerung der Leistung rd. 1 Mill kW betragen. Dieser Zuwachs reicht gegenwärtig nicht entfernt aus, wobei zu berücksichtigen ist, daß in Nordamerika nur einzelne Systeme verbundwirtschaftlich zusammenarbeiten, während für die meisten ein verbundwirtschaftlicher Ausgleich aus räumlichen Gründen noch nicht in Betracht kommt.

Für 1941 ist eine Steigerung der Leistung um mehr als 3 Mill kW vorgesehen. Hiervon entfallen 1,9 Mill kW auf die privaten Versorgungsunternehmen und 1,2 Mill kW auf die großen Speicherkraftwerke der Bundesregierung und die Elektrizitätswerke der Gemeinden. Im Jahre 1942 ist die Inbetriebsetzung von weiteren 2,4 Mill kW beabsichtigt, so daß sich bis Anfang 1943 die gesamte Leistung der Versorgungsunternehmen auf etwa 46,5 Mill kW erhöhen würde. Eine solche Leistung ermöglicht bei einer Benutzungsdauer von 4000 h eine Erzeugung von annähernd 190 Mrd kWh. Hierzu kommen noch die industriellen Eigenanlagen, deren Jahreserzeugung gegenwärtig mit 40 bis 50 Mrd kWh angenommen werden kann.

Die Aufträge der Elektroindustrie für mittelbare und unmittelbare Rüstungszwecke stellten sich im Jahre 1940 bei den größeren elektroindustriellen Unternehmen auf 30 bis 40 % des gesamten Auftragsbestandes. Die hierzu erforderlichen Neubauten für Forschungs- und Erzeugungszwecke sind beträchtlich.

Der Auftragseingang bei den beiden größten elektroindustriellen Unternehmen, der General Electric Co. und der Westinghouse Electric and Manufacturing Co., erreichte im Jahre 1940 einen Höchststand von 1054 Mill $. Damit erhöhte er sich im Vergleich zum Jahre 1939 um 83 %, im Vergleich zu 1929 um 54 %. Dementsprechend groß war die Vergrößerung der Reingewinne. Sie erhöhten sich in den ersten neun Monaten des Jahres 1940 gegenüber der gleichen Zeit des Vorjahres bei 14 elektroindustriellen Unternehmen von 38,98 auf 61,32 Mill $, d. h. um mehr als 57 %.

Bei der General Electric Co. hat sich der Gesamtwert der Aufträge im Vergleich zu 1939 von 361 auf 654 Mill $ erhöht. Hiervon entfielen rd. 250 Mill $ auf Rüstungsaufträge. Im Vergleich zum Jahre 1929 war der Auftragseingang um 47 % größer. Bemerkenswert für den starken Anstieg der elektroindustriellen Erzeugung in den letzten Monaten des Jahres ist es, daß der Auftragseingang im vierten Vierteljahr mit 256 Mill $ mehr als doppelt so groß war wie in der gleichen Zeit des Vorjahres und mehr als viermal größer als im vierten Vierteljahr 1938.

Mitte September erklärte der Vorsitzer der General Electric Co., daß möglicherweise der gesamte Auslandsbesitz, der von der International General Electric Co. verwaltet wird, abgeschrieben werden müßte. Anfang 1940 waren die Auslandsbeteiligungen unter Einrechnung der Canadian General Electric Co. Ltd. mit 56,2 Mill $ bewertet worden. Hiervon entfielen 27,1 Mill $ auf den amerikanischen Kontinent und 29,1 Mill $ auf Europa sowie auf verschiedene überseeische Gebiete. Den Auslandsbeteiligungen standen 44,1 Mill $ offene Reserven gegenüber, die als ausreichend für die Abschreibungserfordernisse angesehen wurden. Da die ausländischen Beteiligungen in den letzten Jahren für die General Electric Co. nur noch geringe Erträge erbrachten, würde ihre Abschreibung die Gewinnentwicklung des Unternehmens nur unwesentlich beeinflussen. Ob die Gesellschaft die geplanten Abschreibungen der Auslandsbeteiligungen inzwischen vorbereitet oder durchgeführt hat, ist nicht bekannt.

Bei der Westinghouse Electric and Manufacturing Co. belief sich 1940 der Auftragseingang auf 400 Mill $ gegenüber 214 Mill $ im Jahre 1939. Im Vergleich zu 1929 beträgt die Zunahme 65 %. Der Umsatz hat sich von 177 auf 239 Mill $ erhöht. Dementsprechend vergrößerte sich der Reingewinn von 13,85 auf 18,99 Mill $.

Bei der Allis-Chalmers Manufacturing Co. belief sich der Auftragsbestand Anfang 1941 auf 26 Mill $ gegenüber 13,8 Mill $ Anfang 1937 und nur 7,5 Mill $ Anfang 1934.

Nach den Ergebnissen der Betriebszählung, die jeweils im Zeitraum von zwei Jahren durchgeführt wird, waren 1939 in 2014 elektroindustriellen Betrieben rd. 256 000 Arbeiter beschäftigt. Der Wert der Erzeugnisse wurde mit 1727 Mill $ ermittelt. Das Ergebnis dieser Zählung ist insofern besonders bemerkenswert, als sich die Zahl der Betriebe im Vergleich zu 1937 um fast ein Drittel erhöht hat. Gleichzeitig ging aber der Wert der Erzeugnisse um 10, die Zahl der beschäftigten Arbeiter und Angestellten sogar um 16 % zurück. Besonders stark war der Rückgang in diesem Zeitraum auf dem Gebiet der Erzeugung von Generatoren und sonstigen elektrischen Maschinen; er betrug 19 %. Anderseits hat sich die Erzeugung elektrischer Meßinstrumente und ebenso die von Glühlampen wertmäßig um rd. 3 % erhöht. Bei Geräten zur Elektrizitätsanwendung hob sich der Wert der Erzeugung sogar um 16 %, während die Zahl der beschäftigten Arbeiter und dementsprechend auch die Summe der gezahlten Löhne und Gehälter einen Rückgang aufwiesen. Für das Jahr 1940 kann im Zusammenhang mit der gesteigerten Elektrizitätsanwendung auf fast allen Anwendungsgebieten wieder mit ähnlichen Zahlen wie für das Jahr 1937 gerechnet werden. Bei diesen Zahlen ist zu berücksichtigen, daß das Jahr 1938 im Vergleich zu 1937 einen erheblichen Rückgang des Elektrizitätsverbrauchs



und ebenso des Absatzes elektrotechnischer Erzeugnisse gebracht hatte; die Zahlen für 1939[1]) lagen bereits wieder höher als für 1938.

Die Ausfuhr elektrischer Maschinen, Geräte und Einrichtungen stieg 1940 im Vergleich zum Vorjahr um 11 % auf 116,71 Mill $. Ein erheblicher Teil dieser Zunahme dürfte auf erweiterte Lieferungen nach den mittel- und südamerikanischen Ländern zurückzuführen sein. Die Ausfuhr von Rundfunkgeräten ist geringfügig auf 22.04 Mill $ zurückgegangen.

1) ETZ 62 (1941) S. 321.

Angesichts des starken Bedarfs an elektrischen Maschinen und an wachsenden Rüstungsaufträgen ist es unvermeidlich, daß sich die Erzeugungs- und Absatzmöglichkeiten für zahlreiche elektrische Geräte zur Elektrizitätsanwendung verringern werden. Hierbei spielt auch die Tatsache mit, daß eine Reihe wichtiger elektroindustrieller Rohstoffe in letzter Zeit knapp geworden ist. Dies wird insbesondere für elektrische Haushaltsgeräte gelten. Von verschiedenen Seiten ist bereits eine Unterbrechung der gerade in den letzten Jahren starken Aufwärtsentwicklung auf diesen Gebieten angekündigt worden. A. Friedrich

Staatlicher Wasserkraftausbau in den V. S. Amerika

DK 621.311.21(73.79)

Der Verfasser veröffentlicht eine zusammenfassende kritische Darstellung[1]) der mit Tennessee Valley Authority, kurz als TVA bezeichneten fiskalischen Gesellschaft, die eine bei Beginn der Präsidentschaft Roosevelt gegründete besondere Abteilung der Bundesverwaltung darstellt. Ihr Arbeitsgebiet erstreckt sich über eine Reihe von großen Bauvorhaben im Einzugsgebiet des Tennessee, der in den Ohio kurz vor dessen Einmündung in den Mississippi fließt. Die errichteten oder geplanten Bauten dienen nicht nur der Elektrizitätserzeugung, sondern gleichzeitig auch der Regelung des Wasserlaufes, der Verhinderung weiterer Überschwemmungen sowie der Schaffung von Schiffahrtswegen mit den dazugehörigen Schleusenanlagen, ferner der Bodenerhaltung und Bodenverbesserung. Die Planung kann daher nur unter dem Gesichtspunkt der Gesamtbedeutung betrachtet werden. Das 800 km lange Gebiet zählt auf 108 000 km² eine Bevölkerung von rd. 2,25 Millionen. Vorgesehen sind insgesamt 11 Staudämme, von denen gegenwärtig 8 fertiggestellt oder im Bau sind. Die TVA verfügt nach Abschluß der Bauten im ersten Ausbau über rd. 700, nach dem Vollausbau über 1500 MW Leistung, wozu aus übernommenen privaten Dampf- und Wasserkraftwerken noch weitere 300 MW kommen. Die mögliche jährliche Gesamterzeugung wird einschließlich der bisherigen privaten Anlagen im Erstausbau auf 6,2 und im Vollausbau auf 8,5 Mrd kWh veranschlagt. Die Fläche der erstellten oder geplanten Stauseen übertrifft mit nahezu 2200 km² die Bodenseefläche um rund das Vierfache. Infolge der dünnen Besiedelungsdichte sind jedoch nur etwa 10 000 Familien umzusiedeln. Die Kraftwerke sollten als sogenannte „Yardsticks" dienen, d. h. als Maßstab für die Kosten der Energieerzeugung und die Tarifpreise. Während bei privaten Werken mit einem Kostenaufwand von 100 bis 200 $ je kW ausgebauter Leistung gerechnet wird, stellen sich die Kosten bei den TVA-Anlagen teilweise erheblich höher, wobei die in den Zahlen enthaltenen Ausgaben für Flußregulierung und Schiffahrt zu berücksichtigen sind.

Mit Ausnahme des von 1916 bis 1924 erbauten Wilson-Dammes sind die Anlagen nach neueren Grundsätzen errichtet. Der Bericht erwähnt u. a. die Freiluft-Generatorenanlage vom Wheeler Dam; Nachteile im Betrieb sollen sich bisher nicht gezeigt haben, doch brachten die Schachtöffnungen zur Kranbedienung der Hilfsgeräte Schwierigkeiten. Bemerkenswert ist hier und auch bei den anderen Anlagen die Anordnung mit zwei Generatoren, die auf eine gemeinsame Transformatorengruppe arbeiten und deshalb je einen Umspannungsschalter benötigen; hierbei sind die Transformatoren über dem Saugrohrauslauf aufgestellt. Die Ersparnis an Schaltgeräten und Leitung ist gegenüber dem früher üblichen System der doppelten Sammelschienen mit je zwei Schaltern groß. Die Niederdruckdämme von Gilbertsville, Pickwick-Landing, Guntersville und Chickamauga bestehen nur im Wehr- und Überfallteil aus Beton, während die beiderseitigen Anschlüsse als Erddämme ausgeführt sind.

Erwähnt wird die Einsparung von Aufwendungen, die sonst zur Beseitigung von Überschwemmungsschäden gemacht werden mußten. Allerdings sei in der vom Kongreß ausgeführten Untersuchung über die TVA-Arbeiten gerügt worden, daß zur Erreichung einer guten Energieausbeute alle Staubecken möglichst auf der maximalen Staukote gehalten würden, so daß nicht genügend Stauraum für die Hochwasserregulierung vorhanden ist.

Der Bericht, der auf die den TVA-Anlagen zugedachte wehrpolitische Bedeutung nicht eingeht, erwähnt die Erziehung der Farmer zur Verbesserung und Erhaltung des Bodens, u. a. durch Kunstdüngerverwendung, durch Änderung des Anbaues, durch periodischen Wechsel der Aussaat sowie durch Terrassierung zum Schutz gegen die Erosion. Von der TVA werden in den älteren Stickstoffwerken am Wilson Dam Versuche gemacht, um unter Verwendung benachbarter Phosphatlager einen hochwertigen Kunstdünger im Elektroofen herzustellen.

Verwiesen wird u. a. auf die staatliche Propaganda, die für die TVA gemacht wird. Hierzu gehören u. a. eine teilweise kostspielige Bauweise, zahlreiche Besucherführungen, Informationsstellen, Schulpaläste für Negerkinder u. a. Es wird angegeben, daß aus diesem Grunde das staatssozialistische Experiment ziemliche Kosten verursachen würde, sobald es auf normale wirtschaftliche Basis gestellt wird. Zu den Kritikern des TVA-Ausbaues gehört auch A. Morgan, der entlassene Präsident der TVA-Oberbehörde. *A. Fr.*

1) W. Howald, Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 31 (1940) S. 263; 5½ S., 11 B.

Jubiläen. — Am 11. März konnte die Elektrizitätswerk Wannsee AG. in Potsdam auf ein 50jähriges Bestehen zurückblicken. Der kleine Villenort Wannsee kam verhältnismäßig früh in den Besitz eines Elektrizitätswerkes, weil sehr viele einflußreiche und kapitalkräftige Männer aus Berlin dort ihren Wohnsitz hatten. Anfangs wurden als Stromquelle zwei Gleichstrom-Dynamomaschinen von insgesamt 48 kW aufgestellt, die von einer Lokomobile angetrieben wurden. Später wurde der Strom für den ständig größer werdenden Ort von Potsdam bezogen und während des Weltkrieges erfolgte die Umstellung auf Drehstrom.

Im März feierte die Stotz-Kontakt GmbH., Mannheim-Neckarau, ihr 50jähriges Jubiläum. In einer schlichten Feier wurde des Gründers Hugo Stotz gedacht, der im Jahre 1891 den Grundstein zu dem Werk gelegt hat. Aus einem kleinen Installationsbüro erwuchs das heutige bekannte Unternehmen, das schwere Zeiten kraftvoll überstanden hat und mit seinen Erzeugnissen zur Förderung deutscher Wertarbeit beiträgt.

Eine künstlerisch ausgestattete Schrift berichtet über den Werdegang der Voigt & Haeffner AG. zum 50jährigen Bestehen. Heinrich Voigt legte zusammen mit Adolf Haeffner am 1. II. 1891 den Grundstein zu der heutigen Firma, nachdem Heinrich Voigt schon früher im Jahre 1886 eine Installationsfirma zusammen mit Jacob Staudt aufgemacht hatte. Schnell wuchs das Unternehmen unter ihren sachkundigen Leitern zu einer Weltfirma mit bedeutender industrieller Leistungsfähigkeit.

VERSCHIEDENES

BEKANNTMACHUNGEN

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker
(Eingetragener Verein)

Fernsprecher: 30 06 31 — Postscheckkonto: Berlin 213 12
Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 181000
Postscheckkonto der ETZ-Verlag G. m. b. H.: Berlin 223 84

Einladung
zur Ostdeutschen VDE-Tagung in Danzig
am 23./24. Mai 1941

Teilnehmerkreis: VDE-Bezirke Danzig-Westpreußen, Niederschlesien, Oberschlesien, Ostpreußen, Pommern sowie Wartheland und Generalgouvernement.

Freitag, den 23. Mai:

- 8⁴⁰ Eröffnung im Auditorium Maximum der Technischen Hochschule.
- 8⁴⁵ Begrüßung durch den Ehrenvorsitzenden der Ostdeutschen VDE-Tagung, Regierungspräsident Gauamtsleiter Dipl.-Ing. W. Huth.
- 9⁰⁰ Gauschulungsleiter W. Löbsack, Danzig: „Danzig im deutschen Ostraum".
- 10¹⁰ Dr.-Ing. D. Müller-Hillebrand VDE, Berlin: „Aufgabe und Lösung des Kupferaustausches in der Elektrotechnik".
- 11⁴⁰ Dr.-Ing. W. Hessenbruch VDE, Hanau/Main: „Nickelarme und nickelfreie Widerstandswerkstoffe".
- 13¹⁵ Gemeinsames Mittagessen im Studentenhaus der Technischen Hochschule.
- 15³⁰ Dr. W. Krämer VDE, Berlin: „Magnetisch hochwertiges Eisen für elektrische Maschinen, Umspanner und Meßwandler".
- 16⁴⁵ Dr.phil.habil. O. von Auwers VDE, Berlin: „Magnetisch weiche und harte Werkstoffe der Meß- und Nachrichtentechnik".
- 20⁰⁰ Kameradschaftsabend im Roten Saal des Kurhauses in Zoppot.

Sonnabend, den 24. Mai:

- 9⁰⁰ Dr.-Ing. W. Weicker VDE, Hermsdorf: „Keramische Isolierstoffe der Starkstrom- und Nachrichtentechnik".
- 10¹⁰ Dr.-Ing. G. Pfestorf VDE, Berlin: „Synthetische organische Isolierstoffe und ihre Prüfung".
- 11⁴⁰ Dr.-Ing. E. Kirch VDE, Berlin: „Getränktes und ungetränktes Papier als Werkstoffe in der Elektrotechnik".
- 12⁵⁰ Schlußwort des Leiters des VDE-Bezirks Danzig-Westpreußen, Dipl.-Ing. Ernst Schmidt, Danzig.
- 13¹⁵ Gemeinsames Mittagessen im Studentenhaus der Technischen Hochschule für die Teilnehmer an den Besichtigungen.
- ab 15⁰⁰ Besichtigungen: a) Stadtbesichtigungen in Danzig
  b) Besichtigungen in Gotenhafen.

Sämtliche Vorträge finden im Auditorium Maximum der Technischen Hochschule statt.

Änderungen des vorstehenden Tagungsplanes bleiben vorbehalten.

Besondere Einladung mit Anmeldeblatt wird einem der nächsten ETZ-Hefte beigelegt. Anfragen sind zu richten an: Geschäftsstelle der Ostdeutschen VDE-Tagung, z. Hd. von Herrn Dr. Thoma, Danzig, Elisabethwall 9. Fernruf: Danzig 27 651. Postscheckkonto: Danzig Nr. 5819, VDE-Bezirk Danzig-Westpreußen.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V. im NS.-Bund Deutscher Technik
Viefhaus

VDE-Bezirk Danzig-Westpreußen
Schmidt

Bezirk Danzig-Westpreußen

Gründung des VDE-Stützpunktes in Elbing

Im Januar d. J. fand in Elbing eine Kundgebung aller Ingenieure statt, auf der Regierungspräsident Dipl.-Ing. Huth und Professor Dr.-Ing. Schwenkhagen VDE zur Gründung eines neuen VDE-Stützpunktes sprachen. Präsident Huth wies in seiner Ansprache auf die großen Aufgaben des Ingenieurs im friedlichen Kampf des deutschen Volkes um seinen Lebensraum hin und zeigte, wie der Ingenieur den Anforderungen, die ihm hier gestellt sind, seit je gerecht geworden ist. Trotz aller Erfolge im beruflichen Leben blieb jedoch die Auswirkung dieser Arbeit auf das gesamte Volk aus, weil die politische Führung es nicht verstand, sie in zweckentsprechender Form einzusetzen, und weil der Ingenieur selbst in vielen Fällen politisch ungeschult war. Eine der großen Aufgaben des unter der Führung des Parteigenossen Reichsminister Todt stehenden NS-Bundes Deutscher Technik ist damit gegeben: Die politische Ausrichtung des deutschen Ingenieurs und die Eingliederung seiner Arbeit in den Gesamtrahmen der deutschen Volkswirtschaft. Trotz der Überwindung liberalistischer und kapitalistischer Interessenwirtschaft durch den Nationalsozialismus im Innern Deutschlands blieb jedoch die Verflechtung mit den internationalen Mächten auf diesem Gebiet durch den Rohstoffbedarf. Die Rohstoffmonopole Londons ermöglichten es, jede Verbesserung der Lage des deutschen Arbeiters durch Erhöhung der Rohstoffpreise in klingende Münze der Londoner Börse umzuwandeln und damit den werktätigen deutschen Menschen des Ergebnisses seiner Arbeit zu berauben. Die Bedeutung des jetzt geführten Freiheitskampfes für die Loslösung des deutschen Menschen aus dieser Versklavung trat durch diese Ausführungen klar zutage.

Anschließend sprach Professor Schwenkhagen über „Die Rolle der Technik im totalen Krieg". Da die Technik zu den Lebensäußerungen eines Volkes gehört, ist sie zu allen Zeiten auch für den Krieg als das letzte Mittel zur Erhaltung oder Gewinnung des Lebensraumes eingesetzt worden. Die Technik hat seit je dem Soldaten die Waffen geschmiedet und hat auch in diesem Krieg dem besten Soldaten der Welt die besten Waffen gegeben, um damit die Siege im Osten, Norden und Westen zu erringen. Der Techniker gibt dem Soldaten Offensiv- und Defensivwaffen; er schafft mit Kopf und Hand in gleicher Weise Panzerwagen und Bunker, Maschinengewehre und Stahlhelme.

Einzelbeispiele zeigten an der Zahl der Eisenbahn- und Nachrichtentruppen im Weltkrieg die ausschlaggebende Bedeutung der Technik bei der kämpfenden Truppe. Ebenso bedeutsam ist ihr Einsatz an der Heimatfront sowohl für die Versorgung der kämpfenden Truppe mit Munition als auch für die Versorgung der Heimat mit allen lebensnotwendigen Fertigwaren und Nahrungsmitteln. Welche Wichtigkeit in diesem Rahmen auch scheinbar nebensächlichen und unbedeutenden technischen Arbeiten zukommt, zeigte der Vortragende am Beispiel der Entwicklung der Hartmetalle.

Die Arbeitsfront der deutschen Technik Seite an Seite mit der grauen Front der deutschen Wehrmacht und der braunen Front der politischen Soldaten des Nationalsozialismus unter der gemeinsamen Führung Adolf Hitlers garantieren uns den Sieg im Kampf um Deutschlands Freiheit.

Bezirk Berlin

vormals Elektrotechnischer Verein
(Gegründet 1879)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 I, VDE-Haus
Fernsprecher: 30 06 31

Fachversammlung

des Fachgebietes „Leitungstelegraphie und -telephonie".

Leiter: Direktor Professor K. Küpfmüller VDE.

Vortrag

des Herrn Dr. phil. nat. C. A. Hartmann, Berlin, am Dienstag, dem 29. April 1941, 18³⁰, in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Hörsaal EB 301, über das Thema:



„Werkstofffragen der Nachrichtentechnik. III. Elektrisch und magnetisch wirksame Werkstoffe (ohne Leitungen und Kabel)."
Eintritt und Kleiderablage frei.

Arbeitsgemeinschaften (Technischer Nachwuchs)

Die Teilnahme ist frei. VDE-Mitgliedschaft ist nicht Bedingung.

Kabel und Leitungen. Leiter: Obering. Dipl.-Ing. O. Gasser VDE.
21. April 1941, 18⁰⁰, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. „Aldrey-Freileitungen für die Fernmeldetechnik". Vortragender: Oberpostrat Dipl.-Ing. H. Görsdorf VDE.

Elektrische Bahnen. Leiter: Reg.-Baurat Dr.-Ing. habil. H. Kother VDE.
22. April 1941, 18⁰⁰, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. Vortragsreihe: Ortsfeste Anlagen des elektrischen Zugbetriebes. 3. Teil: Berechnungsabende. 1. Stadtbahnen. Vortragender: Reg.-Baurat Dr.-Ing. habil. H. Kother VDE.

Stromrichter. Leiter: Dr.-Ing. habil. W. Schilling VDE.
23. April 1941, 18⁰⁰, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. Vortragsreihe: Gittersteuertechnik der Stromrichter. „Gittersteuerung und Blindleistung". Vortragender: Dr.-Ing. habil. W. Schilling VDE.

Elektrophysik. Leiter: Dr.-Ing. F. Hauffe VDE.
24. April 1941, 18⁰⁰, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. Vortragsreihe: Physik und Technik des Tonfilms. „Rohfilm und Bearbeitungstechnik". In Zusammenarbeit mit der Deutschen Kinotechnischen Gesellschaft. Vortragender: Dr. A. Narath.

VDE Bezirk Berlin
vormals Elektrotechnischer Verein
Der Geschäftsführer
Burghoff

PERSÖNLICHES

Hochschulnachrichten. — Der frühere nichtbeamtete außerordentliche Professor Dr. Ernst Baars VDE ist für die Dauer seiner Zugehörigkeit zum Lehrkörper der Technischen Hochschule in Hannover zum Honorarprofessor ernannt worden.

BUCHBESPRECHUNGEN

DK 538.56

Lehrbuch der drahtlosen Nachrichtentechnik. Herausgeg. v. N. v. Korschenewsky und W. T. Runge. Bd. 2: Ausstrahlung, Ausbreitung und Aufnahme elektromagnetischer Wellen, bearb. v. Dr. L. Bergmann und Dr. H. Lassen. Mit 285 B., VIII u. 284 S. im Format 176×250 mm. Verlag von Julius Springer Berlin 1940. Preis geh. 24 RM, geb. 25,80 RM.

Das Buch ist der zweite Band des von v. Korschenewsky und Runge herausgegebenen Lehrbuches. Im ersten Teil sind von Bergmann die Sende- und Empfangsantennen bearbeitet. In diesem Abschnitt sind zunächst die ungerichteten Antennen, sodann die Richtantennen behandelt. Ausgehend von den einfachsten Antennenformen, dem Hertzschen Dipol und dem Abrahamschen Erreger, der Stab- und Marconi-Antenne wird die Feldberechnung beliebig gestalteter Antennen gezeigt. In weiteren Kapiteln werden die üblichen ungerichteten Antennenformen und die Erdung der Antennen erörtert. In den folgenden Kapiteln sind alle Richtstrahlersysteme behandelt, die für die Nachrichten- und Peiltechnik Bedeutung haben. In gleich erschöpfender Weise sind die Empfangsantennen behandelt. Im zweiten Abschnitt, der Lassen zum Verfasser hat, sind zunächst die theoretischen Grundlagen gegeben, sodann die Sommerfeldsche und die van der Pol-Bremmersche Theorie. In einem besonderen Kapitel wird die Brechung in der unteren Atmosphäre, in weiteren drei Kapiteln werden alle mit der Ionosphäre zusammenhängende Fragen behandelt. Im zweiten Abschnitt werden die experimentellen Beobachtungen sehr eingehend in vier Unterabschnitten erörtert. Ausbreitung der mittleren und langen Wellen (200 bis 20 000 m), Ausbreitung der kurzen Wellen (10 bis 200 m), Ausbreitung der ultrakurzen Wellen und endlich die Ergebnisse der Ionosphärenforschung. Das vorzügliche Buch ist eine sehr willkommene Bereicherung des Hochfrequenzschrifttums.

H. Faßbender VDE

DK 744

Technisches Zeichnen. Von A. Bachmann u. H. Vent †. (Teubner's Technische Leitfäden Reihe 1, Bd. 2.) Mit 600 B. u. Zeichnungsbeispielen, VII u. 187 S. im Format 176×250 mm. Verlag von B. G. Teubner, Leipzig 1940. Preis kart. 4,80 RM.

In dem vorliegenden Buch findet man vieles vom Normenwesen. Neu ist jedoch die eigenartige Behandlung des gesamten Zeichnungsgebietes. Die Verfasser richten sich vornehmlich an den jungen Nachwuchs, dem sie die Kunst des Zeichnens aus erfahrungsreicher Lehrtätigkeit und Praxis vermitteln. Spielend leicht lernt hier der Schüler sich vom Einfachsten zu dem Kompliziertesten heraufzuarbeiten. Das neue Buch bringt so ziemlich „alles was der Zeichner braucht". Es könnte freilich in nächster Auflage noch durch verschiedene wissenswerte Dinge ergänzt werden. Es belehrt über Zeichenbrett und Zeichenschiene, Reißzeug und Zeichengeräte, dazu über die verschiedenen Papiersorten und Blattgrößen, ferner über die eigentliche Technik des Zeichnens, die Unterteilung der Zeichnungen in verschiedene Zeichnungsarten je nach Verwendungszweck und die Stücklisten und schließlich auch über die verschiedenen Kopierverfahren. Das Buch gibt auch Anleitungen über Sinn und Gebrauch der Rechenschieber. In recht anregender Weise wird der Schüler in das ihn fesselnde Gebiet der darstellenden Geometrie eingeführt, einschließlich der Schnitte und Netzabwicklungen, der Schraubenlinien und der Verzahnungen. Ausführlich wird über Werkzeichnungen geschrieben mit ihren Angaben über Flächenbehandlung, Baustoffe, Passungen und Toleranzen, ohne hierbei jedoch allzuweit in das rein Technologische zu gehen.

Die Verfasser haben sich augenscheinlich die Aufgabe gestellt, dem technischen Zeichnungswesen jeder Art zu dienen, im Gegensatz zu den Verfassern anderer Bücher, die spezielle Gebiete der Technik behandeln und mehr dem Konstrukteur zu Hilfe kommen. Das Buch ist zwar vornehmlich für die Ausbildung der jungen Generation bestimmt, und zwar vorerst dem angehenden Zeichner oder der Zeichnerin, wird aber sicher auch darüber hinaus zum täglichen Gebrauch in den Konstruktions- und Zeichnungsbüros und anderen Stellen verwendet werden, da es vieles enthält, was auch den älteren Erfahrenen noch unbekannt ist oder sich seinem Gedächtnis entzogen hat. Das Buch ist wohl angetan, dem Anfänger Freude an der Arbeit zu schaffen für seinen kommenden Beruf und ihm Lust zu geben, durch fleißiges Üben die nötige Geschicklichkeit zu erlangen. Eines ist in dem Buch noch besonders beachtlich, nämlich zu lernen, auch hier der Schönheit der Arbeit zu dienen, nämlich der Schönheit der technischen Zeichnung. Deswegen ist auch das Buch selber schön gehalten in seiner Ausstattung und auch schön in seinen vielen lehrreichen Darbietungen. Auch zum Zeichnen gehört Talent, das sich durch Fleiß und Ausdauer beträchtlich steigern läßt. Das Zeichnen ist zweifellos erste Bedingung zum Konstruieren. Es weckt den Sinn für räumliche Vorstellung und die Verwirklichung vorschwebender Ideen. Der verständnisvolle Zeichner wurde schon häufig zum schaffenden Konstrukteur. Ganz in diesem Sinne ist das vorliegende Buch geschrieben. Es kann den Lehranstalten und Berufsschulen, aber auch den kleinen und großen Betrieben in Handwerk, Gewerbe und Industrie bestens empfohlen werden.

Wilhelm Klement VDE

EINGÄNGE

(Ausführliche Besprechung vorbehalten.)

Doktordissertationen

Hans-Ludwig Frohme, Die Quecksilberschaltröhre als Unterbrecher im Gleichstromkreis. T. H. Hannover 1940 Verlag R. Pfau, Berlin NW 7.

Alfred Winter, Beiträge zur Kathodenzerstäubung. T. H. Dresden 1940. Verlag M. Dittert & Co., Dresden-A. 16.

Hans-Erich Koch, Brücke zur Messung der Eigenfrequenzen von Ultraschallquarzen. T. H. Hannover 1940.

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Dr.-Ing. W. Estorff VDE, Berlin-Charlottenburg 9, Olympische Str. 2
Direktor Dipl.-Ing. F. Ferrari VDE, Berlin-Frohnau, Sigismundkorso 19
A. Friedrich, Berlin-Mariendorf, Siedlung Daheim, Hochfeilerweg 11
Direktor Dipl.-Ing. E. Tritschler VDE, Chemnitz, Weststr. 41

Abschluß des Heftes: 10. April 1941

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE (z. Z. im Felde)
G. H. Winkler VDE (z. Z. im Felde)
H. Hasse VDE und R. Henrichs VDE

Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

62. Jahrgang | Berlin, 24. April 1941 | Heft 17

Die abnormale E-Schicht der Ionosphäre und eine ungewöhnliche Fernwirkung von Ultrakurzwellen

Von H. A. Heß VDE, Ulm

DK 538.566.029.6

Übersicht. Die Beschreibung einer ungewöhnlichen Fernwirkung der Ultrakurzwellen im Bereich zwischen 5 und 10 m Wellenlänge (60 bis 30 mHz) über Entfernungen von einigen hundert Kilometern jenseits der optischen Sichtweite bildet hauptsächlich den Gegenstand vorliegenden Aufsatzes. In den Jahren 1936 und 1937 wurden an der Außenstation des Instituts für Schwingungsforschung in Saarow-Pieskow (Mark) vom Verfasser wohl erstmalig systematische Beobachtungen und Untersuchungen über diese seltsame Ausbreitungserscheinung der Ultrakurzwellen durchgeführt. In erster Linie war dabei die Aufgabe gestellt, auch innerhalb des europäischen Raumes eine Bestätigung für die Richtigkeit der insbesondere von nordamerikanischen Kurzwellenamateuren gemeldeten, gelegentlich auftretenden ungewöhnlichen Reichweiten dieser Wellen zu finden. Ferner sollte durch diese Untersuchungen eine Erforschung von Zusammenhängen mit den Ergebnissen der Echolotung an den Schichten der höheren Atmosphäre und gegebenenfalls auch mit Aufzeichnungen astronomischer, geophysikalischer und meteorologischer Art angestrebt werden. In enger zeitlicher Übereinstimmung zu diesem unvorhergesehenen plötzlich auftretenden Fernwirkungsphänomen der Ultrakurzwellen, das vorwiegend nur während der Sommermonate verzeichnet wurde, steht das Erscheinen der abnormalen oder sporadischen E-Schicht, wie Vergleiche mit den Aufzeichnungen der Echolotung an der Ionosphäre einwandfrei zu erkennen gaben. Abschließend wird eine Beurteilung der Auswirkungen dieser scheinbar unregelmäßigen Vorgänge in der Ionosphäre auf den Funkdienst versucht.

1. Einleitung

Die Ausbreitung der Kurzwellen über große Entfernungen ist bekanntlich oftmals nicht vorauszusehenden Schwankungen unterworfen. Diese Unregelmäßigkeiten und Störungen, die durch gewisse Zustände in den ionosphärischen Schichten der oberen Atmosphäre bedingt sind, stellen im allgemeinen eine unerwünschte Beeinträchtigung im Funkverkehr dar. Von wissenschaftlicher Seite werden seit verschiedenen Jahren hierüber eingehende Untersuchungen durchgeführt, deren hauptsächliche Aufgabe es ist, mittels der Echolotung an den Ionosphärenschichten eine Klärung dieser verwickelten Erscheinungen herbeizuführen. Neuerdings unterscheidet man drei verschiedene Arten von Ionosphärenstörungen.

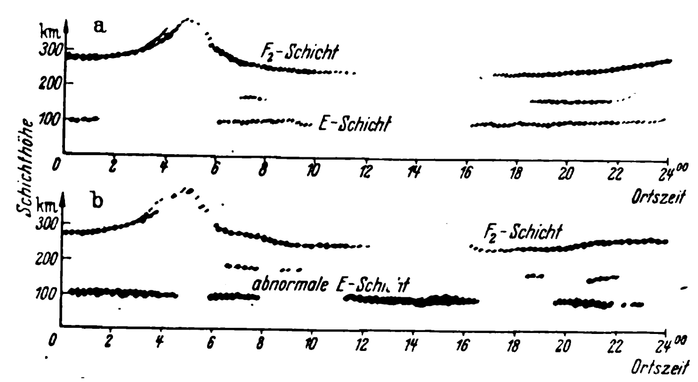
Die Forschung auf dem Gebiete der Ionosphäre befaßt sich heute besonders eingehend mit den Ausbreitungszuständen auf Kurzwellen während des Auftretens der abnormalen oder sporadischen E-Schicht. Nachdem die Untersuchungen über die Ionosphärenzustände, die sich während eines Mögel-Dellinger-Effektes (Kurzschwund bei der Übersee-Kurzwellenausbreitung, verursacht durch eine gleichzeitige Sonneneruption) oder eines von erdmagnetischen Stürmen begleiteten Polarlichtes ergeben, bereits als abgeschlossen betrachtet werden müssen, ist angesichts des plötzlichen Erscheinens der abnormalen E-Schicht noch manches nicht geklärt.

Eine Klärung der mit der abnormalen E-Schicht verbundenen Fragestellungen dürfte insbesondere im Hinblick auf die Kurzwellenpeilung und für den Funkdienst von weittragender Bedeutung sein. Über die Zusammenhänge einer außergewöhnlichen Fernwirkung von Ultrakurzwellen mit der abnormalen E-Schicht ist bisher in Veröffentlichungen nur wenig enthalten, weil von wissenschaftlicher Seite im allgemeinen hierüber noch keine durchgreifenden systematischen Untersuchungen durchgeführt werden konnten. Daher soll in kurzen Zügen über die bis jetzt bekannten Kennzeichen der abnormalen E-Schicht und über die mit ihrem Erscheinen im Zusammenhang stehenden ungewöhnlichen Reichweiten der Ultrakurzwellen im Bereich zwischen 5 und 10 m Wellenlänge (60 bis 30 MHz) berichtet werden. Darüber hinaus soll der Versuch gemacht werden, noch ungeklärte Störungserscheinungen beim Funkverkehr wie auch Mißweisungen bei der Peilung von weitentfernten Kurzwellensendern in Beziehung zu diesen unregelmäßigen Vorgängen in der höheren Atmosphäre zu bringen.

2. Schichten der Ionosphäre und die abnormale E-Schicht

Man unterscheidet zwei Regionen verschiedener Höhen in der oberen Atmosphäre, die man allgemein unter dem Begriff Ionosphäre zusammenfaßt. In diesen Regionen wird nämlich infolge der Ionisierung durch das ultraviolette Licht der Sonne die Reflexion eines bestimmten zusammenhängenden Frequenzspektrums elektromagnetischer Wellen bedingt; sie werden als die E-Region in einer Höhe von etwa 100 km und als die F-Region in einer Höhe zwischen 150 und etwa 300 km über der Erdoberfläche bezeichnet. In der F-Region befinden sich zwei reflektierende Schichten übereinander, die F_1- und die F_2-Schicht, von denen die letztere den weitaus stärksten Betrag an Ionenkonzentration aufweist und eine etwa zehnmal stärkere Rückstrahlmöglichkeit besitzt als die am tiefsten liegende normale E-Schicht. Die F_2-Schicht hat wesentlichen Einfluß auf die Kurzwellenausbreitung auf Übersee-Entfernungen, und ihr Ionisationszustand hängt, abgesehen von bestimmten Störungen, von den verschiedenen Tages- und Jahreszeiten ab, also vom entsprechenden Einfallswinkel der Sonneneinstrahlung.





a Tag mit normalem Ionisationsverlauf
b Tag mit ausgeprägt abnormaler E-Schicht

Bild 1. Echolotung an den ionosphärischen Schichten.

Während der Sommermonate verzeichnet die Echolotung besonders häufig und ausgeprägt, aber stets unregelmäßig, sowohl in bezug auf die einzelnen Tagesstunden als auch auf die einzelnen Tage oder Tagesgruppen eines Monats eine starke Reflexionsmöglichkeit aus dem E-Gebiet. Diese plötzlich auftretenden starken E-Reflexionen, wie sie gelegentlich durch die Echolotung auch das ganze Jahr über verzeichnet werden, stehen in keinem rechten Zusammenhang zu den bekannten Gesetzmäßigkeiten und regelmäßigen Zustandsänderungen in der Ionosphäre. Man bezeichnet diese unregelmäßig auftretende, stark reflektierende Schicht der oberen Atmosphäre als die abnormale oder sporadische E-Schicht.

Die sporadische E-Schicht ist oftmals der Anlaß von Übertragungsschwierigkeiten beim überseeischen Kurzwellenverkehr, da sie offenbar durch ihr starkes Rückstrahlvermögen verhindert, daß die Wellenzüge sie durchdringen und an die F_2-Schicht gelangen, um dann von dort nach Übersee reflektiert zu werden.

In einer Arbeit über Echomessungen bei Fernübertragung, die im Zusammenwirken der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt und der Technischen Hochschule München entstand, wurde festgestellt, daß das Auftreten der abnormalen E-Schicht an zwei nur wenige hundert km voneinander entfernten Orten oft nicht gleichzeitig stattfindet. Es zeigte sich, daß die E-Schicht z. B. über Kochel in Oberbayern nicht nachzuweisen war, während sie über Adlershof bei Berlin vorhanden war, und umgekehrt [2]*). Auf Grund dieser Tatsachen liegt die Vermutung nahe, wandernde Ionenwolken für das Auftreten der außergewöhnlichen Ausbreitungserscheinungen anzunehmen. Bild 1 kennzeichnet nun die Vorgänge in der Ionensphäre, wie sie sich innerhalb der 24 Stunden eines Tages abspielen; Bild 1 a zeigt einen Tag, an dem die Verhältnisse normaler Natur sind, während Bild 1 b einen Einblick in den Verlauf eines Tages gestattet, an dem die abnormale E-Schicht ausgeprägt in Verbindung mit einer besonderen Fernwirkung der Ultrakurzwellen in Erscheinung tritt.

Das Reflexionsvermögen in der abnormalen E-Schicht ist vielfach erheblich größer als das der F_2-Schicht. Während des Erscheinens der abnormalen E-Schicht wurde in den Sommermonaten ein seltsames Fernwirkungsphänomen bei den ultrakurzen Wellen von der Größenordnung zwischen 30 und 60 MHz (10 und 5 m Wellenlänge) über Entfernungen von einigen hundert km festgestellt. Dazu muß aber noch bemerkt werden, daß die häufig beobachtete Ausbreitungserscheinung bei europäischen Fernsehsendern, die in Südafrika, Nordamerika und sonst in Übersee auf Entfernungen von mehreren 1000 km empfangen wurden, nicht in Verbindung mit einer Wirkung der abnormalen E-Schicht gebracht werden darf. Diese Fernwirkung hat ihre Ursache in besonderen Zuständen der F_2-Schicht und ist abhängig von heute durchweg bekannten Gesetzmäßigkeiten. Die dabei auftretenden Sprungentfernungen und empfangstoten Zonen übertreffen meistens mehr als 1000 km und sind weit größer als die bei den im kommerziellen Überseeverkehr gebräuchlichen Kurzwellen.

*) Die Zahlen in eckigen Klammern [] beziehen sich auf das Schrifttum am Schluß der Arbeit.

3. Beobachtungen und Untersuchungen über eine ungewöhnliche Fernwirkung der Ultrakurzwellen über mehrere hundert Kilometer

Im folgenden werden Untersuchungen wiedergegeben, die während der Jahre 1936 und 1937 an der Außenstation des Instituts für Schwingungsforschung in Saarow-Pieskow, 60 km östlich von Berlin, angestellt wurden [5] und [6]. Ferner zeigt anschließend ein kurzer Überblick die bei der Harvard-University in Cambridge (Mass.) gefundenen Ergebnisse einer ungewöhnlichen Ausbreitungserscheinung bei den Wellen um 5 m über den halben nordamerikanischen Kontinent.

Den einzelnen Beobachtungen des Verfassers lagen außer denen über den Empfang der europäischen Fernsehsender Alexandra Palace, London, auf 7,25 m Wellenlänge und Berlin-Witzleben auf 6,9 und 7,1 m meistens die der Oberschwingungen von europäischen kommerziellen Kurzwellenstationen zugrunde, die im Wellenbereich zwischen 6 und 12 m verzeichnet wurden. Ein weiteres Hilfsmittel bildeten die Amateurstationen, die zu Zeiten des Auftretens des Phänomens auf dem 10 m-Band arbeiteten und gegenseitig Funkverbindungen tätigten.

Durch zahlreiche Einzelbeobachtungen wurde festgestellt, daß sich die seltsame Fernwirkung bei den Wellen unterhalb 10 m, die sich nach den in Saarow-Pieskow angestellten Untersuchungen sogar bis zu Wellenlängen um 6,5 m ausdehnen konnte, im allgemeinen in einem Entfernungsbereich zwischen 100 und 1500 km abspielte. Wesentlich größere überbrückte Entfernungen wurden jedoch nicht verzeichnet, dagegen gaben einige Beobachtungen zunächst vielmehr zu der Vermutung Anlaß, daß keine oder wenigstens nur eine kleine Sprungentfernung mit dem Auftreten des Phänomens verbunden sei. Dies ist so zu verstehen, daß vom Sendeort eine ziemlich homogene Ausbreitungsmöglichkeit bis zum entferntesten Empfangsort ohne eine dazwischenliegende empfangstote Zone stattfinden würde. Da zwischen der Größe des Grenzwinkels einer Totalreflexion und der jeweiligen Ionenkonzentration in den Ionosphärenschichten bestimmte gesetzmäßige Beziehungen bestehen, müßte so für die abnormale E-Schicht ein besonderer Grad von Reflexionsmöglichkeit anzunehmen sein, wenn selbst Ultrakurzwellen noch bei fast senkrechtem Einfall zurückgeworfen werden.

Nach einfachen Überlegungen würde ein vom Sender flach gegen den Horizont gerichteter Strahl die E-Schicht nach etwa 1100 km erreichen und von dort zurückgeworfen in einer Entfernung von etwa 2200 km wieder zur Erdoberfläche gelangen. Damit dürften jedenfalls 2200 km eine äußerste Entfernung bei einer einmaligen Reflexion an der abnormalen E-Schicht darstellen.

Während des Sommers 1936 wurde fortlaufend zu sämtlichen Tageszeiten das Durchkommen der im Wellenbereich unterhalb 12 m arbeitenden Stationen und vorhandenen Oberschwingungen von kommerziellen Kurzwellenstationen beobachtet. Die Ergebnisse wurden entsprechend ausgewertet und in Kurvenform dargestellt. Im

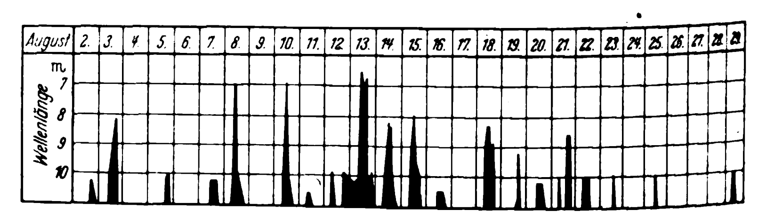


Bild 2. Beobachtungsreihe über eine ungewöhnliche Fernwirkungserscheinung im Ultrakurzwellengebiet im August 1937.

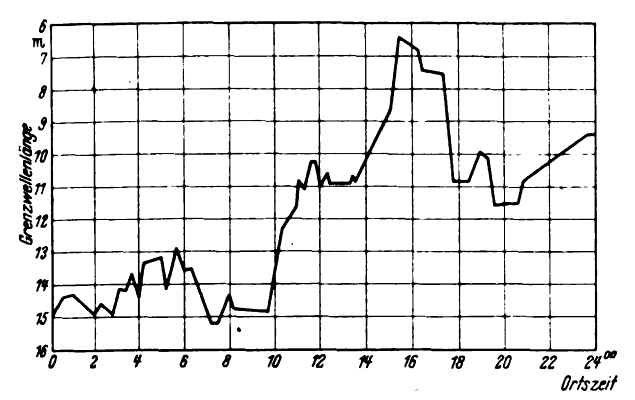


Bild 3. Verlauf einer für eine Fernübertragung niedrigsten Welle zwischen zwei weit entfernten Orten während der 24 h eines Tages unter der Einwirkung der abnormalen E-Schicht.

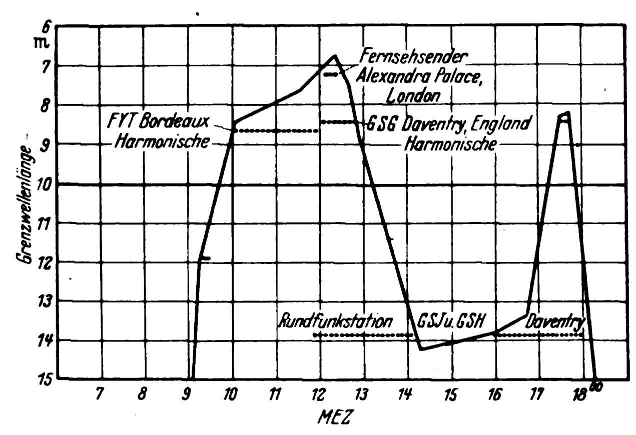


Bild 4. Das Fernwirkungsphänomen am 13. August 1937.

Juni 1936 fanden die Beobachtungen in Saarow-Pieskow und im August 1936 in Ulm (Donau) statt. Bild 2 zeigt eine solche Beobachtungsreihe während des August 1936 in Ulm (Donau), die in großen Zügen das Auftreten der Fernwirkung in ihrer Art und Stärke kennzeichnen und beurteilen soll. In der Abbildung ist jeweils zu den verschiedenen Zeiten der einzelnen Tage die niedrigste beobachtete Wellenlänge eingetragen, wie sie innerhalb der Entfernungszone zwischen 100 und 1500 km verzeichnet werden konnte. Das Phänomen tritt zu unregelmäßigen Zeitpunkten hinsichtlich der einzelnen Tageszeiten sowie auch der einzelnen Tagesgruppen innerhalb eines Monats auf, und seine Stärke, nach der niedrigsten erreichten Wellenlänge beurteilt, ist oft ganz verschieden. Tage, an denen nach der Abbildung die Fernwirkung in ausgeprägter Form zu erkennen war, und zwar bis auf sehr niedrige Wellen herab, waren der 3., 8., 10., 13., 15. und 18. August. Am 8. und 13. August wurden in Ulm die 530 km entfernten Fernsehsender Berlin-Witzleben auf 6,9 und 7,1 m empfangen.

Diese Aufzeichnungen lassen erkennen, daß diese ungewöhnliche Fernwirkung auf Frequenzen, die im allgemeinen für eine drahtlose Nachrichtenübermittlung nicht mehr in Betracht kommen können, auf irgendwelchen plötzlichen Störungen des Zustandes in der höheren Atmosphäre beruht. Dieses eigenartige Phänomen und seine besonderen Kennzeichen sollen im folgenden noch etwas näher betrachtet werden.

Man denke sich etwa zwei Orte, die mehrere 100 km auseinanderliegen, beispielsweise Berlin und München, zwischen denen auf der 7 m-Welle plötzlich zu einer bestimmten Tageszeit eine Fernübertragung möglich wird. In einem solchen Falle kommen, wie sich durch die Beobachtungen stets leicht nachweisen ließ, auch die 8 m-Wellen und die nächst höheren Wellenbänder ebensogut durch. Verschwindet plötzlich auf der 7 m-Welle die Verständigungsmöglichkeit, so ist eine solche stets bei der 8 m-Welle noch immer eine gewisse Zeitlang vorhanden, desgleichen bei den nächst höheren Wellen. Ferner war stets die bemerkenswerte Tatsache zu verzeichnen, daß die Übergänge von einer niederen nach einer höheren Grenzwelle bzw. auch umgekehrt zeitlich oft rasch stattfinden können, und es ergab sich häufig, daß sich die niedrigste für eine Übertragung zwischen zwei entfernten Orten mögliche Wellenlänge innerhalb einer halben Stunde von 7 m bis zu 15 m verschob, wobei aufeinanderfolgend rasch alle dazwischenliegenden Wellenbänder durchwandert wurden. In Bild 3 ist ein solcher zeitlicher Verlauf der Änderung der Grenzwellenlänge zwischen zwei mehrere 100 km entfernten Orten veranschaulicht. Der in der Abbildung wiedergegebene Verlauf stellt eine Unregelmäßigkeit dar, wie sie durch das plötzliche Auftreten der abnormalen E-Schicht bedingt ist.

Um sich über die Kennzeichen des Phänomens eine hinreichende Vorstellung machen zu können, war es nötig, die vorhandenen Beobachtungsergebnisse in eine geeignete Kurvendarstellung überzuführen. Dies konnte selbstverständlich nur mit einiger Vorsicht geschehen, denn es muß dabei an erster Stelle berücksichtigt werden, daß viele Stationen, die auf den Ultrakurzwellen zu empfangen waren, keine regelmäßigen Sendezeiten haben und daß gerade oft zuzeiten bester Übertragungsverhältnisse keine Aussendung stattfand. In solchen Fällen war es daher nicht möglich, bestimmte Aussagen über die tatsächlichen Ausbreitungsbedingungen zu machen. Durch zahlreiche Beobachtungsergebnisse, die entsprechend ausgewertet wurden, konnten aber nach Möglichkeit Fehlerquellen vermindert und ein Überblick über die besonderen Kennzeichen des ionosphärischen Phänomens gewonnen werden.

In Bild 4 ist in Kurvenform die besondere Art und Stärke der Fernwirkungserscheinung als Ergebnis einer solchen Auswertung der Beobachtungen veranschaulicht. Den Untersuchungen liegen die ausgewerteten Ergebnisse des 13. August 1937 vom Beobachtungsort Saarow-Pieskow zugrunde, an welchem Tag sich der Effekt in starker Form ereignet hatte. Auf der Ordinate der Abbildung ist die jeweils beobachtete niedrigste Wellenlänge in m und auf der Abszisse die Beobachtungszeit (MEZ) aufgetragen. Innerhalb der von der Abszisse und der Kurve eingeschlossenen Fläche war eine ionosphärenbedingte Ausbreitung im Umkreis bis zu einer Entfernung von etwa 1500 km zu verzeichnen.

Wie aus der Abbildung ersichtlich ist, wurde während der Zeit zwischen 12^{08} und 12^{13} MEZ der englische Fernseh-Tonsender Alexandra Palace, London, auf 7,25 m Wellenlänge oder 41 500 kHz empfangen. Die Feldstärke war dabei erheblich größer als zu normalen Zeiten, d. h. während welcher keine Ultrakurzwellen-Fernwirkung stattfindet, bei dem von Saarow-Pieskow nur etwa 70 km entfernten Fernsehsender Berlin-Witzleben verzeichnet werden konnte, und sie dürfte selbst den etwa 20fachen Wert gegenüber jenem überstiegen haben. Zuzeiten des Auftretens des Phänomens wurde in Saarow-Pieskow auch beim Berliner Fernsehsender häufig eine auffallende Zunahme der Feldstärke festgestellt, wobei ausgeprägte kurzzeitige Schwunderscheinungen beobachtet wurden. Ebenfalls mit sehr großer Lautstärke wurde von 12.00 bis 12.40 MEZ die Oberschwingung des englischen Rundfunk-Kurzwellensenders GSG Daventry auf 8,4 m aufgenommen. Der englische Fernsehsender Alexandra Palace, London, wurde um 12^{13} plötzlich wieder unhörbar. Um 12^{40} verschwand die Oberschwingung von GSG auf 8,4 m vollständig, während die Grundwelle auf 16,8 m gleichzeitig stark zu hören war. Zu dieser Zeit waren aber noch die englischen Rundfunk-Kurzwellenstationen GSH und GSJ auf etwa 13,9 m Wellenlänge mit großer Lautstärke zu empfangen. 14^{12} verminderte sich plötzlich die Feldstärke dieser beiden letzteren Sender ungewöhnlich stark. In der Folgezeit war nur noch eine Streustrahlung mit ausgeprägten Welt-Echozeichen zu beobachten, die über die F_2-Region der Ionosphäre stattfand und die stets normalerweise zu diesen Zeiten zu verzeich-

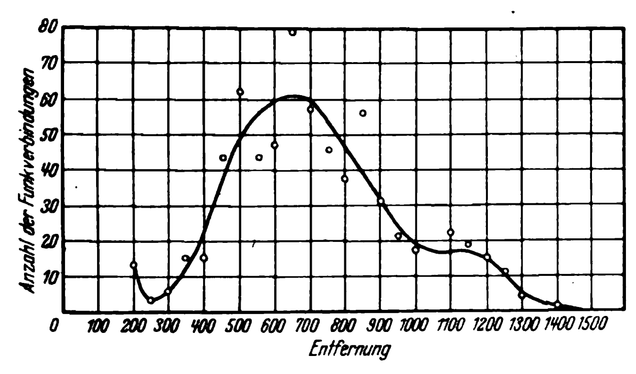


Bild 5. Ausbreitungsverhältnisse in den V. S. Amerika auf Wellen um 5 m nach Versuchen von Amateuren.

nen ist, wenn die seltsame Ultrakurzwellen-Fernwirkung nicht in Erscheinung tritt. Erst kurz nach 17^{00} MEZ wurde GSH und GSJ wieder mit großer Lautstärke hörbar, und um 18^{00} konnten selbst wieder einige Oberschwingungen auf den Wellen in der Gegend um 8 m ermittelt werden.

Die beschriebene Fernwirkung im Ultrakurzwellenbereich wurde in Nordamerika ebenfalls seit einigen Jahren beobachtet. Dort trat auf Entfernungen zwischen New York und Chikago eine ungewöhnliche Übertragungsmöglichkeit bei Wellen um 5 m in Erscheinung. Über derartige Aufzeichnungen wurde zum erstenmal im Jahre 1935 etwas veröffentlicht [11]. Die hauptsächlich von Amateuren gefundenen Ergebnisse wurden später vom Cruft-Laboratory der Harvard-University, Cambridge (Mass.), weiter verfolgt und ausgewertet.

Nach den amerikanischen Untersuchungen tritt das Fernwirkungsphänomen ebenfalls plötzlich und ganz unvorhergesehen auf. Es ist an keine bestimmte Tageszeit gebunden und kann sich sowohl am Tage während der Stunden der stärksten Sonneneinstrahlung als auch bei Nacht zu irgendwelchen Zeiten ereignen. Am 5. Juni 1938 wurde in den V. S. Amerika der Effekt in einer offenbar stärksten und zuvor noch nie dagewesenen Auswirkung beobachtet. Bild 5 enthält die amerikanischen Ergebnisse [7] und [8], denen eine große Zahl von Einzelbeobachtungen zugrunde lag. Auf der Ordinate der Abbildung ist die Anzahl der von Amateuren getätigten drahtlosen Verbindungen und auf der Abszisse die Entfernung in Meilen aufgetragen, über die sich die jeweiligen Funkverbindungen erstreckten. Auf Grund der zahlreichen Untersuchungen mit im ganzen 700 Einzelbeobachtungen soll ermöglicht werden, sich einigermaßen einen Überblick über die durch die Fernwirkung betroffenen Entfernungszonen zu verschaffen. Nach Bild 5 trat der Effekt in dem Entfernungsbereich zwischen 200 und 1400 Meilen auf. Eine besondere Häufigkeit der getätigten Funkverbindungen läßt die Zone zwischen 500 und 800 Meilen erkennen.

4. Ursachen des Phänomens und Art der Störungen beim Funkverkehr

Der ausgesprochen unregelmäßige Charakter der Fernwirkung hinsichtlich des Auftretens und die merkwürdige Tatsache, daß keine Übereinstimmung mit den Zuständen in den normalen Ionosphärenschichten gefunden werden konnte, gibt zu der Vermutung Anlaß, irgendwelche rasch einwirkenden kosmischen Einflüsse als Ursache anzunehmen. Zunächst war es nicht abwegig, Vergleiche mit den bekannten Sonnenflecken zu Betrachtungen heranzuziehen, da sie tatsächlich in gewissem Zusammenhang mit Änderungen in der kritischen Frequenz der Ionosphärenschichten stehen. Durch Untersuchungen wurde aber einwandfrei festgestellt, daß unmittelbare Zusammenhänge damit nicht bestehen. Ferner war es naheliegend, die Zeiten des Eintretens der Fernwirkung und der abnormalen E-Schicht mit denen anderer

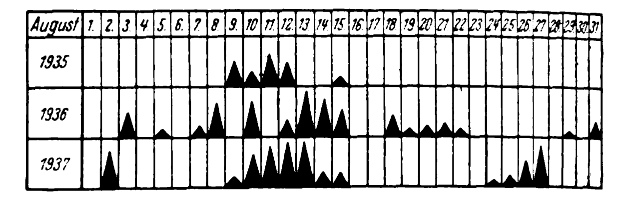


Bild 6. Zusammenstellung der Beobachtungsergebnisse über die ungewöhnliche Ultrakurzwellen-Ausbreitung im August der Jahre 1935, 1936 und 1937.

solarer Vorgänge zu vergleichen, über die man bestimmt weiß, daß sie plötzliche und ausgeprägte Änderungen im Ionisationszustand der oberen Atmosphäre hervorrufen. So konnten auch mit den sogenannten chromosphärischen Ausbrüchen auf der Sonne, die bekanntlich als Ursache des Mögel-Dellinger-Effektes festgestellt wurden, keine Zusammenhänge gefunden werden. Vergleiche mit geophysikalischen Ergebnissen über das Auftreten erdmagnetischer Stürme und Polarlichter, die gleichzeitig mit einer beträchtlichen Ionisationsverminderung in der F_2-Region der Ionosphäre in Erscheinung treten und damit der Anlaß erheblicher Störungen bei der Übersee-Kurzwellenübertragung sind, führten ebenfalls nicht zu einem positiven Ergebnis.

Das bisher über das Fernwirkungsphänomen vorhandene Ergebnis ist noch ziemlich spärlich, wenn man noch dazu bedenkt, daß im äußersten Fall nur bis auf das Jahr 1934 zurückgegriffen werden kann, und daß man selbst noch nicht genügend sichere Anhaltspunkte über sein Erscheinen besitzt. Trotzdem wurde der Versuch gemacht, die zuverlässig erscheinenden Untersuchungen der Jahre 1935, 1936 und 1937 miteinander zu vergleichen, zunächst in der Absicht, in irgendeinem der Jahre einen Höchstwert oder dergleichen festzustellen.

Die Vergleiche führten zu dem auffälligen Ergebnis, daß das Phänomen offenbar an den gleichen Tagen oder Tagesgruppen der verschiedenen Jahre wiederzukehren pflegt. In den Aufzeichnungen für August 1935, 1936 und 1937 kommt dies ganz augenscheinlich zum Ausdruck, wie Bild 6 zeigt. Die Größe der in der Abbildung eingetragenen Spitzen soll die Stärke der Fernwirkung an den einzelnen Tagen veranschaulichen. Für die Zeit zwischen dem 8. und 15. August ist deutlich ein Höchstwert zu erkennen. Dazu sei noch besonders erwähnt, daß am 13. August 1936 in Ulm (Donau) während der Zeit von 9^{35} bis 10^{28} MEZ die Fernsehsender Berlin-Witzleben auf 6,9 und 7,1 m Wellenlänge in einer Entfernung von 530 km mit großer Feldstärke empfangen wurden [5]. Am 13. August 1937 wurde in Saarow-Pieskow, wie bereits früher näher ausgeführt, der englische Fernseh-Tonsender Alexandra Palace, London, auf 7,25 m bei einer Entfernung von nahezu 1000 km empfangen. Sowohl der 13. August 1936 wie auch der 13. August 1937 stellten im Auftreten der Fernwirkungserscheinung ein deutliches Maximum dar. Die Echostation Saarow-Pieskow verzeichnete an den genannten Tagen die abnormale E-Schicht in besonders starker Form. Diese seltsame Tatsache veranlaßte den Verfasser, am 13. August 1938 wiederum zu beobachten. An diesem Tage wurde aber keine besonders auffällige Ausbreitung der Ultrakurzwellen festgestellt, jedoch war wenigstens am späten Nachmittag innerhalb Europas eine Fernwirkung der 10 m-Wellen deutlich zu beobachten. Die auffällige Wiederkehr der Ultrakurzwellen-Fernwirkung zwischen dem 8. und 15. August der Jahre 1935 bis 1937 dürfte wohl mit gewissen astronomischen Einflüssen im Zusammenhang stehen, und zwar mit dem Durchgang von Meteoren, den sogenannten Perseiden, durch die Erdatmosphäre [1] und [4]. In Nordamerika wurde die ungewöhnliche Fernwirkung der 5 m-Wellen bisher vorwiegend im Mai und Juni verzeichnet.

Das Auftreten dieser ungewöhnlichen und unvorhergesehenen Fernwirkung auf die Ultrakurzwellenausbreitung wirft nun verschiedene Fragen auf, denen eine nicht

zu unterschätzende Bedeutung zugemessen werden muß. An den bisher nur spärlich vorliegenden Beobachtungsergebnissen ist noch nicht geklärt, welche Gebiete der Erde besonders von dieser Einwirkung betroffen werden. Man weiß noch nicht, ob in Nordamerika oder in Europa oder sonst irgendwo auf der Erdkugel die Erscheinung gleichzeitig auftritt. Eine solche Feststellung ist aber bedeutungsvoll, weil man dadurch in die Lage versetzt würde, gewisse wichtige Schlüsse zu ziehen. Schwierigkeiten bei der Peilung weit entfernter Kurzwellensender, plötzlich einsetzende Polarisationsänderungen und besonders Abweichungen vom Großkreis dürften zu einem großen Teil auf die Wirkung der abnormalen E-Schicht zurückzuführen sein.

Beim Kurzwellenverkehr werden häufig plötzliche Veränderungen der bestmöglichen Übertragungszeiten beobachtet, die nicht in Einklang mit dem Auftreten von Polarlichtstörungen und dem Mögel-Dellinger-Effekt gebracht werden können. Nach den Beobachtungen bestehen zu gewissen Zeiten ungewöhnlich gute Übertragungsverhältnisse, wie sie normalerweise sonst nicht zu verzeichnen sind. Im Winter bei Nacht treten plötzlich unerwartet kleine Sprungentfernungen bei den im Überseeverkehr gebräuchlichen Kurzwellen auf, und im Sommer können selbst am Tage mit längeren Kurzwellen besonders große Entfernungen überbrückt werden. Für diese Erscheinungen sind ebenfalls nur abnormale Zustände im E-Gebiet der Ionosphäre verantwortlich zu machen.

Zusammenfassung

Die beschriebene Erscheinung einer offenbar unregelmäßigen und unvorhergesehenen Fernwirkung der Ultrakurzwellen, die gleichzeitig mit der abnormalen E-Schicht der Ionosphäre auftritt, und die selbstverständlich auch von entsprechenden Einwirkungen auf die gesamte Kurzwellenübertragung begleitet wird, hat die Kennzeichen einer Ionosphärenstörung und ist demnach als ein besonderer Effekt anzusprechen. Ihr Auftreten auf der nördlichen Erdhalbkugel scheint vorwiegend auf die Sommermonate begrenzt zu sein. Zusammenhänge unmittelbarer Natur mit solaren Vorgängen konnten nicht gefunden werden. Jedenfalls ist sicher, daß die Erscheinung in keinen Beziehungen zu den normalen Ionisationsvorgängen in der höheren Atmosphäre steht. Eine Klärung der Ursachen ist bei den bis jetzt erst spärlich vorhandenen Beobachtungsergebnissen nicht möglich. Sollte es sich in der Zukunft bewahrheiten, daß das Phänomen nur zu gleichen Tagen oder Tagesgruppen eines jeden Jahres, etwa durch kosmische Einflüsse verursacht, wiederzukehren pflegt, so würde dies zur Beurteilung der zu erwartenden Störungen mithelfen können. Mißweisungen bei der Peilung weitentfernter Kurzwellensender dürften offenbar neben anderen Ursachen auch mit dem Auftreten der abnormalen E-Schicht im Zusammenhang stehen.

Aus dem Schrifttum

[1.] A. M. Skelett, Die ionisierende Wirkung von Meteoren. Proc. Inst. Radio Engrs., N. Y. 23 (1935) S. 132.

[2.] W. Crone, K. Krüger, G. Goubau und J. Zenneck, Echomessungen bei Fernübertragung, ein Beitrag zur Erforschung der Ionosphäre und der Ausbreitung der Kurzwellen. Hochfrequenztechn. 48 (1936) S. 1.

[3.] F. Schultheiss, Die abnormale Ionisierung der Ionosphäre. Hochfrequenztechn. 48 (1936) S. 7.

[4.] G. Leithäuser, Über drei verschiedene Arten des Empfangsschwundes und den Einfluß der Meteore auf die Ionosphärenschichten. Funktechn. Mh. (1938) S. 33.

[5.] H. A. Heß, Untersuchungen über die Ausbreitung der elektromagnetischen Wellen unterhalb 11 Meter auf große Entfernungen. Funktechn. Mh. (1938) S. 38.

[6. H. A. Heß, Weitere Untersuchungen über einen Ausbreitungseffekt ultrakurzer Wellen (6 bis 11 m) auf Entfernungen von einigen hundert Kilometern. Funktechn. Mh. (1938) S. 107.

[7.] J. A. Pierce, Interpreting 1938's 56 Mc. DX, QST-Amateur-Radio (1938) Sept., S. 23.

[8.] H. R. Mimno und J. A. Pierce, Unusual Range of Radio Signals. Phys. Rev. 54 (1938) S. 475.

[9.] E. H. Conklin, 56 Megacycle Reception via sporadic E-Layer Reflections. Proc. Inst. Radio Engrs., N. Y. 27 (1939) S. 36.

[10.] H. A. Heß, Ungewöhnliche Fernwirkung von Ultrakurzwellen. Funk (1939) S. 414 u. S. 473.

[11.] R. A. Hull, Air-Mass Conditions and the Bending of Ultra-High Frequency Waves. QST-Amateur-Radio (1935) Juni, S. 13. — Five-Meter Signals do the Impossible, Signals swapped over 900-Mile Path. QST-Amateur-Radio (1935) Aug., S. 17.

Bestimmung der Prüflingskorrektur bei Gleichstrom-Kompensationsmessungen

Von W. Zschaage VDE, Oberursel (Taunus)

DK 621.317.3.083.5

Übersicht. Obwohl bei der Nachprüfung von Meßgeräten mit Gleichstromkompensatoren die Bestimmung der Korrektur in Skalenteilen des Prüflings aus der Einstellung des Kompensators einfacher ist, als häufig angenommen wird, bevorzugt man in der Praxis den Stufenkompensator nach Schmidt[1]) trotz seiner beschränkten Anwendungsmöglichkeit, weil man dabei die Korrektur am Galvanometerausschlag ablesen kann. Ähnlich wie bei dem jetzt gebräuchlichen Stufenkompensator ist es aber auch bei dessen älterer Form und bei Präzisionskompensatoren möglich, aus dem Galvanometerausschlag die Korrektur unmittelbar und in einfacher Weise zu ersehen, wie im folgenden nachgewiesen wird.

Korrekturbestimmung aus der Kompensatoreinstellung

Prüft man einen Strom- bzw. einen Spannungsmesser mit einem Gleichstromkompensator nach, so braucht man dazu einen Normalwiderstand R_N bzw. einen Spannungsteiler mit dem Widerstandsverhältnis r/R[2]). Beim Skalenendwert I_n bzw. U_n des Prüflings wird an dem Normalwiderstand bzw. Spannungsteiler eine Spannung

$$u_n = I_n R_N \text{ bzw. } u_n = \frac{r}{R} U_n \qquad (1)$$

abgegriffen. Hat die Skala des Prüflings a Skalenteile, so entspricht eine Spannungsdifferenz

$$\Delta u = k \frac{u_n}{a}$$

einer Abweichung um k Skalenteile von dem genau richtigen Strom- bzw. Spannungswert. Wird also z. B. bei der Prüfung eines Strommessers der Zeiger auf den Skalenstrich I' eingeregelt, wobei der wahre Strom I um den Betrag $\Delta I = k\, I_n/a$ größer sei, als der Skalenstrich anzeigt ($I = I' + \Delta I$; positiver Korrekturwert = negativer Fehler), und wurde hierbei, wenn das Galvanometer der Meßeinrichtung auf Null steht, die Spannung

$$u_K = u'_K + \Delta u = (I' + \Delta I) R_N = \left(I' + k \frac{I_n}{a}\right) R_N$$

am Kompensator eingestellt, so ergibt sich aus

$$\Delta u = u_K - u'_K = k \frac{u_n}{a} = k \frac{I_n R_N}{a}$$

die Korrektur für den eingestellten Skalenstrich zu

$$k = \frac{\Delta u}{u_n} a = \frac{u_K - u'_K}{u_n} a, \qquad ( )$$

[1]) W. Zschaage, Über Messungen mit Stufenkompensatoren. ETZ 61 (1940) S. 1185.

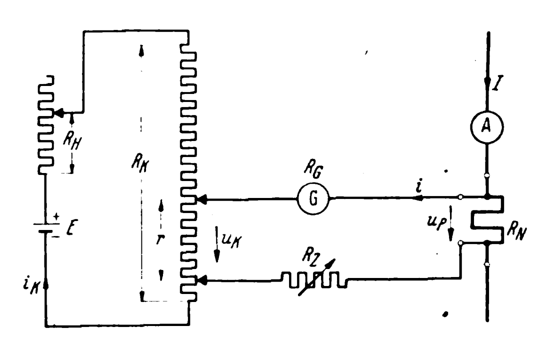
[2]) W. Jäger, Elektrische Meßtechnik. 3. Aufl. (1928) S. 328. Verlag J. A. Barth, Lpz.

ausgedrückt in Skalenteilen des Prüflings. Der Berichtigungswert ist also leicht, bequem und überdies recht genau mit dem Rechenschieber zu berechnen. In vorstehender Rechnung bedeutet u'_K die in allen Fällen runde Kompensatoreinstellung (z. B. 400,00 mV) für den Fall, daß der Fehler bzw. die Korrektur Null ist, daß also der wahre Strom I mit dem eingestellten Strom I' genau übereinstimmt, und Δu die Abweichung von diesem runden Wert.

Korrekturbestimmung aus dem Galvanometerausschlag

Ist eine Kompensationsmeßschaltung wie nach Bild 1 für eine Stromkompensation nicht völlig abgeglichen, so gelten nach den Kirchhoffschen Sätzen folgende Beziehungen:

$$u_K = (i_K + i)\, r,$$
$$E = i_K (R_H + R_K - r) + u_K, \qquad (3)$$
$$u_P = R_N (I - i) = i (R_G + R_Z) + u_K.$$



R_H Hilfsstromregler; R_K Kompensator; R_Z regelbarer Zusatz-Widerstand; A Prüfling; R_N Normalwiderstand; E Hilfsstromquelle; G Galvanometer

Bild 1. Grundsätzliche Schaltung einer Stromkompensation.

Daraus erhält man leicht u. a.:

$$i = \frac{I R_N - E \dfrac{r}{R'_H}}{R'_G}, \qquad (4)$$

wobei

$$R'_G = R_G + R_Z + R_N + \frac{r (R'_H - r)}{R'_H}$$

der gesamte Widerstand des Galvanometerkreises und

$$R'_H = R_H + R_K$$

der Widerstand des Kompensationskreises ist.

Setzt man in Gl. (4) $I = I' + \Delta I = I' + k I_n/a$ und sei der Kompensationswiderstand r so eingestellt, daß $I' R_N = E\, r\, R_H$ entsprechend also dem Skalenstrich des Prüflings bei einem Fehler Null ist, so erhält man

$$i R'_G = k \frac{I_n R_N}{a}.$$

Indem man dafür Sorge trägt, daß der Widerstand R'_G im Galvanometerkreis bei allen Stufen des Kompensators der gleiche bleibt, kann man aus dem Galvanometerausschlag i die Korrektur k in Skalenteilen des Prüflings unmittelbar ablesen, wie dies bei dem Stufenkompensator nach Schmidt geschieht[3][4]). Aber auch bei jedem anderen Gleichstromkompensator ist es in einfacher Weise möglich, aus dem Galvanometerausschlag die Korrektur zu ermitteln. Dazu führt man nacheinander drei Einstellungen des Kompensators durch:

1. Der Kompensator wird abgeglichen. Das Galvanometer steht auf Null. Es ist nach Gl. (4)

$$i_1 = 0; \quad u_1 = I R_N = E \frac{r_1}{R'_H};$$

u_1 ist die hierzu erforderliche Einstellung des Kompensators.

2. Man verstellt den Kompensator um den Betrag $\Delta u_2 = I_n R_N / a$. Um diesen Betrag ändert sich der Spannungsabfall am Normalwiderstand, wenn sich der Strom I im Prüfling um genau einen Skalenstrich ändert. Dann ist

$$u_2 = u_1 - \Delta u_2 = E \frac{r_2}{R'_H},$$
$$i_2 = \frac{1}{R'_{G_2}} \left(I R_N - E \frac{r_2}{R'_H} \right) = \frac{1}{R'_{G_2}} (u_1 - u_1 + \Delta u_2) = \frac{I_n R_N}{a R'_{G_2}}.$$

3. Man stellt den Kompensator auf den runden Wert u_3, z. B. 400,00 mV, ein, der zwischen u_1 und u_2 liegt. Dieser Wert kommt genau dem Strom I' zu, der durch den geprüften Skalenstrich angezeigt wird. Dann ist

$$u_3 = E \frac{r_3}{R'_H} = I' R'_N = u_1 - \Delta u_3 = I R_N - \Delta u_3 = (I' + \Delta I) R_N - \Delta u_3 = I' R_N + k \frac{I_n R_N}{a} - \Delta u_3,$$

und somit

$$\Delta u_3 = k \frac{I_n R_N}{a},$$

ferner

$$i_3 = \frac{1}{R'_{G_3}} \left(I R_N - E \frac{r_3}{R'_H} \right) = \frac{1}{R'_{G_3}} (u_1 - u_1 + \Delta u_3) = k \frac{I_n R_N}{a R'_{G_3}}.$$

Aus den Gleichungen für die Galvanometerausschläge i_2 und i_3 erhält man die Korrektur für den geprüften Skalenstrich zu

$$k = \frac{i_3}{i_2} \frac{R'_{G_3}}{R'_{G_2}} \approx \frac{i_3}{i_2}. \qquad (5)$$

Einfluß des Widerstandes im Galvanometerkreis

Bei den beiden Kompensatoreinstellungen u_2 und u_3 und damit auch bei den beiden Galvanometerausschlägen i_2 und i_3 sind die Gesamtwiderstände R'_{G_2} und R'_{G_3} nicht völlig gleich. Um festzustellen, ob und wieweit dieser Unterschied bei der Berechnung der Korrektur k berücksichtigt werden muß, rechnen wir den Bruch R'_{G_3}/R'_{G_2} nach der Form

$$\frac{1+a}{1+b} = 1 + \frac{a-b}{1+b} = 1 + m$$

aus und erhalten

$$m = \frac{(r_3 - r_2)(R'_H - r_2 - r_3)}{(R_N + R_G + R_Z) R'_H + (R'_H - r_2)\, r_2},$$

da

$$R'_G = R_N + R_G + R_Z + \frac{(R'_H - r)\, r}{R'_H} = R_N + R_G + R_Z \left(1 + \frac{(R'_H - r)\, r}{(R_N + R_G + R_Z) R'_H} \right).$$

---

[3]) R. Schmidt, VDE-Fachber. 8 (1936) S. 53.
[4]) Siehe Fußnote 1.

Bei den Präzisionskompensatoren für einen Meßbereich bis 1,1 V und mit einem Kompensatorstrom von $i_K = 0{,}1$ mA benutzt man im allgemeinen eine Hilfsstromquelle $E = 2$ V, sô daß $R'_H = 20\,000\,\Omega$ ist. Für den Widerstand im Galvanometerkreis $R_G + R_Z + R_N$ kann man bei den üblichen Spiegelgalvanometern etwa 1000 Ω einsetzen. Die Kompensatorwiderstände liegen zwischen dem vollen Widerstand $r = R_K$ und etwa dem hundertsten Teil davon, wenn man z. B. den Skalenstrich 10 eines Meßgerätes mit 120 Skalenteilen prüfen will, also zwischen 11 000 und 100 Ω. Die Differenz $r_3 - r_2$ entspricht einem Skalenteil des Prüflings und liegt zwischen 100 und 10 Ω. Setzt man diese Werte ein und betrachtet die Verhältnisse genauer, so sieht man, daß der größte Fehler m bei kleinen Werten ($r_3 - r_2 = 10\,\Omega$, $r_3 \approx r_2 \approx 100\,\Omega$) auftritt, aber auch dann noch unter 1 % liegt; er kann also, zumal es sich um den Fehler eines Fehlers handelt, völlig vernachlässigt werden, und man kann statt Gl. (5) praktisch setzen:

$$k = \frac{i_3}{i_2}\,. \tag{6}$$

Korrekturbestimmung bei Kompensatoren mit besonderer Innenschaltung

Praktisch liegen die Widerstandsverhältnisse selten so einfach, wie in Bild 1 und den bisherigen Ableitungen angenommen wurde. Betrachten wir z. B. die von Feußner[5]) angegebene Kaskadenschaltung Bild 2. Hier muß das aus drei Teilen bestehende Dreieck ABC in einen Stern mit dem Mittelpunkt O umgewandelt werden. Man erhält in bekannter Weise:

$$R_{AO} = \frac{r_2}{10}\left(a_3 + \frac{a_4}{10} + \frac{a_5}{100}\right),$$

$$R_{BO} = r_2 - R_{AO} = \frac{r_2}{10}\left(10 - a_3 - \frac{a_4}{10} - \frac{a_5}{100}\right),$$

$$R_{CO} = \frac{r_2}{100}\left[\frac{1}{25}a_5(10 - a_5) + \frac{1}{5}\left(a_4 + \frac{a_5}{10}\right)\left(10 - a_4 - \frac{a_5}{10}\right) + \right.$$

$$\left. + \left(a_3 + \frac{a_4}{10} + \frac{a_5}{100}\right)\left(10 - a_3 - \frac{a_4}{10} - \frac{a_5}{100}\right)\right].$$

Dabei ist $r_2 = 100\,\Omega$ ein Einzelwiderstand der zweiten Kurbel $11 \cdot 100\,\Omega$. Der Widerstand R_{CO} liegt mit im Galvanometerkreis; er erreicht seinen größten Wert für $a_3 = a_4 = a_5 = 5$, also für die Kurbelstellung ..555 des Kompensators mit 30,6475 Ω.

Bild 2. Präzisions-Kompensator mit Kaskadenschaltung nach Feußner.

Um in solchen Fällen und bei unbekanntem Widerstand des Galvanometerkreises die Fehlereinflüsse leichter überblicken zu können, setzen wir statt der streng gültigen Gl. (3)

$$u_K = (i_K + i)\,r \approx i_K r \approx \frac{E}{R'_H}\,r,$$

$$u_P = i\,(R_G + R_Z) + u_K \approx R_N I$$

und erhalten

$$i = \frac{u_P - u_K}{R_G + R_Z} \approx \frac{I R_N - E\,\dfrac{r}{R'_H}}{R_G + R_Z + R_N}\,.$$

[5]) K. Feußner, ETZ 32 (1911) S. 187 u. 215.

Die letzte Gleichung ähnelt Gl. (4); an Stelle R'_G ist $R_G + R_Z + R_N$ getreten. Die weiteren Rechnungen bleiben wie oben, und zum Schluß ergibt sich für den gesuchten Korrekturwert die Gl. (6). Der Fehler, den man hierbei macht, ist gegeben durch $i_K \approx i_K + i$ bzw. durch $i\; i_K$. Der Kompensatorstrom ist meist $i_K = 0{,}1\,\text{mA} = 100\,\mu\text{A}$. Benutzt man ein Spiegelgalvanometer mit einer Stromempfindlichkeit von 10^{-8} A/mm und legt einen Ausschlag von 100 mm für einen Skalenteil Korrektur zugrunde, so ist $i = 100 \cdot 10^{-8}\,\text{A} = 1\,\mu\text{A}$. Der Fehler beträgt also hier 1 % und kann vernachlässigt werden.

Durchführung der Korrekturbestimmung aus den Galvanometerausschlägen

Nach Gl. (5) bzw. (6) läßt sich die Korrektur k aus den beiden Galvanometerausschlägen i_2 und i_3 leicht errechnen. Man kann sie jedoch unmittelbar aus dem Ausschlag i_3 ablesen, wenn man durch einen zusätzlichen regelbaren Widerstand R_Z jeweils den Ausschlag i_2 auf einen bequemen Wert, z. B. 100 mm, bringt. Der Zusatzwiderstand kann in den Kompensator fest eingebaut sein oder außen im Galvanometerkreis zugeschaltet werden. Die Größe des Zusatzwiderstandes findet man aus

$$i_2 = \varepsilon\, a_1 = \frac{u_n}{a\, R'_{GZ}} = \frac{u_n}{a\left(R_N + R_G + R_Z + \dfrac{r_2(R'_H - r_2)}{R'_H}\right)}$$

zu

$$R_Z = \frac{u_n}{a\,\varepsilon\, a_1} - R_G - R_N - \frac{r_2(R'_H - r_2)}{R'_H}\,. \tag{7}$$

Hierin ist ε die Stromempfindlichkeit des Galvanometers und a_1 der gewünschte Ausschlag für einen Skalenteil Korrektur. Praktisch kann man den Galvanometerausschlag meist so wählen, daß man mit einem Zusatzwiderstand bis etwa 5000 Ω auskommt.

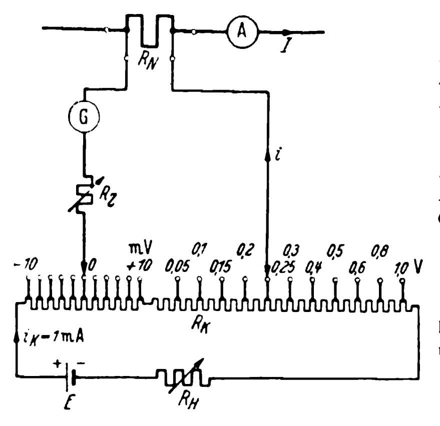
Bei einem Kompensator mit vier oder fünf Kurbeln macht die Einstellung des Galvanometerausschlages i_2, der einem Skalenteil des Prüflings entspricht, mit Hilfe des Zusatzwiderstandes keine Schwierigkeit. Man braucht dazu nach der ersten Abgleichung fast stets nur eine einzige Kurbel um $\Delta u_2 = u_n/a$ zu verstellen. Schwieriger wird es dagegen, wenn man in gleicher Weise bei älteren Stufenkompensatoren nach Schmidt[6])[7]) unmittelbare Korrekturablesung erreichen will. Aber auch hier bestehen drei Möglichkeiten:

1. Man ändert den Ausschlag des Prüflings selbst um einen Skalenteil und stellt danach den Galvanometerausschlag i_2 auf einen runden Wert ein.
2. Man ändert den Hilfsstrom $i_K = 1$ mA um i_K/a nach einem in den Hilfsstromkreis eingeschalteten Präzisionsstrommesser.
3. Man bringt im Stufenkompensator einen weiteren Schalter für zwei oder mehr Stellungen an, mit dem man die am Kompensator abgegriffene Spannung u_K um geeignete Werte von $\pm \Delta u_2$, z. B. um ± 2,5, 3, 5, 7,5, 10 mV ändern kann, wie dies Bild 3 zeigt. Die Messungen vollziehen sich dann in genau der gleichen Weise wie bei einem Präzisionskompensator.

Bei der ersten Kompensator-Einstellung stellt man den linken Drehschalter auf Null, den rechten auf den Wert, der dem zu prüfenden Skalenstrich entspricht. Das Galvanometer zeigt Null; der Zeiger des Prüflings steht nicht genau auf dem Skalenstrich. Bei der zweiten Messung verstellt man den linken Schalter des Kompensators um $\Delta u_2 = u_n/a$, z. B. um + 5 mV, und bringt mit Hilfe des Zusatzwiderstandes das Galvanometer auf einen runden Wert. Bei der dritten Messung regelt man den Prüf-

[6]) Bericht der PTR 1931, Z. Instrumentenkunde 52 (1932) S. 173.
[7]) H. Roth, Helios, Lpz. 38 (1932) S. 148.





R_N Normalwiderstand
A Prüfling
R_Z Zusatzwiderstand
R_K Kompensationswiderstand
R_H Hilfsstromregler
E Hilfsstromquelle
G Galvanometer

Bild 3. Älterer Stufenkompensator nach Schmidt mit zusätzlichem Widerstand für unmittelbare Korrekturablesung.

ling genau auf den Skalenstrich ein; der Galvanometerausschlag geht dabei auf den Betrag zurück, der unmittelbar die Korrektur k für den geprüften Skalenstrich anzeigt. Um große, bequem ablesbare Ausschläge zu erhalten, empfiehlt es sich, neben dem eingebauten Zeigergalvanometer ein Spiegelgalvanometer zu verwenden. Soweit bei dem linken Drehschalter für das errechnete $\Delta u_2 = u_n/a$ keine Einstellmöglichkeit besteht, ist eine benachbarte Stellung und ein im gleichen Verhältnis größerer bzw. kleinerer Galvanometerausschlag zu wählen.

Zusammenfassung

Bei der Prüfung von Meßgeräten mit Gleichstromkompensatoren will man für jeden geprüften Skalenstrich die anzubringende Korrektur in Skalenteilen des Prüflings bestimmen; diese kann in einfacher Weise aus der Kompensator-Einstellung errechnet werden. Man kann sie aber auch bei jedem Kompensator ähnlich wie bei dem neueren Stufenkompensator nach Schmidt unmittelbar aus dem Ausschlag des Galvanometers ablesen, indem man unter Verwendung eines regelbaren Zusatzwiderstandes im Galvanometerkreis nacheinander drei Kompensator-Einstellungen durchführt, die jedoch nicht abgelesen oder notiert zu werden brauchen. Die Gleichungen für dieses Verfahren wurden abgeleitet und die möglichen Fehler untersucht. Auf diese Weise gelingt es auch bei älteren Stufenkompensatoren nach Schmidt nach einer kleinen Änderung und unter Benutzung eines einfachen Spiegelgalvanometers, die Korrektur des Prüflings unmittelbar am Galvanometer abzulesen.

Eigenschaften und zweckmäßige Anwendung von Normalgütespulen bei Hochfrequenz[1])

DK 621.318.42.029.5

Bei der Messung der Güte bzw. Verlustzahl von Spulen macht man im Hochfrequenzbereich oft die Erfahrung, daß die nach verschiedenen Verfahren bestimmten Zahlenwerte nicht übereinstimmen. Es besteht daher ein Bedürfnis, Normalgütespulen ähnlich den Normalinduktivitäten zu schaffen, mit denen Gütemeßgeräte nachgeprüft werden können. Einer der Gründe, weshalb verschiedene Gütemeßverfahren nicht den gleichen Gütewert liefern, liegt darin, daß die Eigenkapazität der Spulen in unterschiedlicher Weise das Ergebnis beeinflußt. Der Verfasser empfiehlt, für die Normalgütespule ein Ersatzbild nach Bild 1 zu verwenden und das Verhältnis $g = \omega L/r$ als Güte zu definieren.

Bild 1. Ersatzschema für die Normalgütespule.

Es werden für die gebräuchlichen Meßverfahren Korrekturformeln angegeben, die den Zusammenhang zwischen Meßergebnis und $\omega L/r$ darstellen. Diese Formeln enthalten im wesentlichen das Verhältnis der Eigenkapazität C_s der Spule zur äußeren Schwingkreiskapazität C, die nötig ist, um den Kreis auf Resonanz abzustimmen. Ferner geht in die Formeln $1/g$ bzw. $1/g^2$ als Korrekturgröße ein. Derartige Korrekturformeln werden aufgestellt für folgende Meßverfahren:

a) Halbwertmessung durch Frequenzverstimmung
   α) Abstimmkapazität parallel zur Spule
   β) Abstimmkapazität in Reihe mit der Spule
b) Substitutionsmessung (Ermittlung des Äquivalentwiderstandes nach Pauli)
c) Messung des Wirk- und Blindleitwertes der Spule
d) Messung des Wirk- und Blindwiderstandes (z. B. mit Scheinwiderstands-Meßbrücken)
e) Messung nach dem Quotientenverfahren (aus der Strom- bzw. Spannungsüberhöhung).

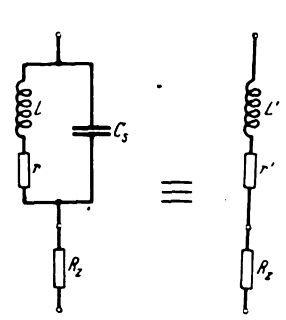
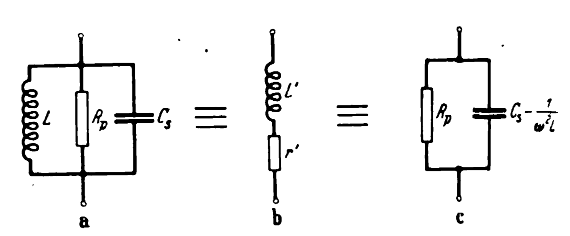


Bild 2. Ersatzschemen der Normalgütespule mit Vorschaltwiderstand.

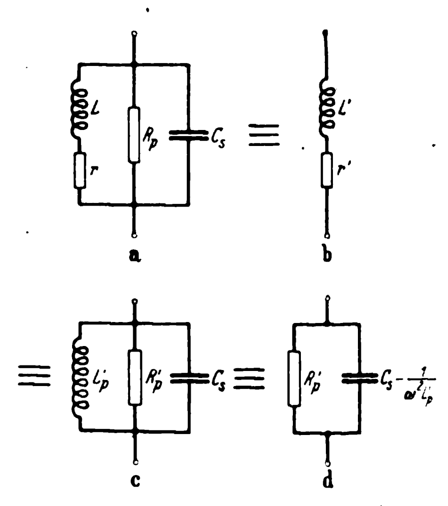
Unter Benutzung der Korrekturformeln soll in allen Fällen die Verwendung der Größen L, r und C_s des Ersatzbildes zur Definition der Güte geeignet sein. Man muß aber beachten, daß diese Festlegung für eine Normalgütespule noch unvollkommen ist. Denn

1. ergibt sich nur beim Meßverfahren a) α) die gesuchte Güte $g = \omega L/r$ ohne Korrektur aus dem Meßergebnis.
2. Die Größen L und r sind frequenzabhängig, können daher nur bei einer festen Betriebsfrequenz zahlenmäßig festgelegt werden.



a Parallelschaltung; b Reihenschaltung; c Leitwertmessung

Bild 3. Ersatzschemen der Normalgütespule.



a Größen L, r, R_p, C_s in einem Frequenzbereich konstant; b Reihenschaltung; c Parallelschaltung; d Leitwertmessung

Bild 4. Ersatzschemen der Normalgütespule.

[1]) G. Opitz, Arch. techn. Messen Lfg. 111 (1940) Z 124—2; 4 S., 6 B.



3. Sieht man, wie es beim Gütenormal von Rohde und Schwarz der Fall ist, einen bekannten Zusatzwiderstand R_z in Reihe mit der Spule vor, um einen zweiten bekannten Gütewert zu gewinnen, so kann die Güte für die Kombination $L + R_z$ nicht aus $\omega L/r + R_z$ berechnet werden.

Mit Rücksicht auf Punkt 3 und alle Meßverfahren, bei denen es auf die Reihenschaltung von Wirk- und Blindwiderstand ankommt [Meßverfahren a), b) und e)], ist es nach Ansicht des Berichters zweckmäßig, das Ersatzbild der Normalgütespule nach Bild 2 zu ergänzen. Hier ist in L' und r' bereits der Einfluß der Eigenkapazität C_s berücksichtigt. Anderseits ist ein Ersatzschaltbild, in dem nach Bild 3 die Verluste in einem Parallelwiderstand dargestellt wurden, dem Bild 1 vollkommen gleichwertig. Bild 3 kann als Grundlage für alle Meßverfahren dienen, besitzt aber noch den Nachteil, daß die Zahlenwerte der Ersatzgrößen R_p, L', r' nur für die Betriebsfrequenz Gültigkeit haben.

Der Berichter schlägt daher vor, im Grundersatzbild nach Bild 4a sowohl den Reihenwiderstand r als den Parallelwiderstand R_p vorzusehen. Das hat den Vorteil, daß r und R_p auch in einem gewissen Frequenzbereich konstant sind, eine Eigenschaft, die man bei einem Normal anstreben muß. Innerhalb dieses Frequenzbereiches sind L, C_s, r und R_p konstant. Damit ist dann die Frequenzabhängigkeit von L', r', L'_p, R'_p in bestimmter Weise definiert, so daß man das Gütenormal nicht nur bei einer Frequenz, sondern in einem Frequenzgebiet verwenden kann. Ersatzbild 4b wird in diesem Bereich für die Reihenschaltungen (Substitutions- und Brückenverfahren), Bild 4c für Parallelschaltungen (Halbwertverfahren) und Bild 4d für die Leitwertmessung benutzt.

Die Normalgütespulen sind nach Opitz als geschirmte Massekernspulen mit Vorwiderstand und drei Anschlußklemmen ausgeführt, so daß man zwei Gütewerte (mit und ohne R_z) zur Verfügung hat. Der Einfluß der Hystereseverluste auf die Güte bei zu hoher Magnetisierung wird zahlenmäßig dargestellt. Die Schwankung der Güte in Abhängigkeit von der Temperatur wird für die Normalgütespulen mit 2% je 10° C angegeben. Änderungen der relativen Luftfeuchtigkeit von 0 bis 80% beeinflussen die Güte um nicht mehr als 2%.

O. Zinke VDE

Bezeichnungen für Fernschalter, Schütze und Relais

Von Ernst Roder VDE, Königsberg (Pr.)

DK 621.316.5+.9

Übersicht. Beim Vergleich von Veröffentlichungen über Niederspannungs-Fernschaltgeräte, besonders Motorschutzschalter, findet man verschiedenartige Bezeichnungen für die einzelnen Schaltgeräte. Ein Kenntlichmachen der grundsätzlichen Bauarten durch einheitliche Benennungen und Begriffsbestimmungen würde die Planung auf diesem weitverzweigten Gebiet sicherlich vereinfachen. Hierfür werden Hinweise gegeben.

Im Schrifttum wird manchmal ein grundsätzlicher Unterschied zwischen verklinkten Fernschaltern und unverklinkten Schützen gemacht[1]), während an anderer Stelle unverklinkte Schütze mit und ohne Überstromauslösung als Fernschalter bezeichnet werden[2]). Dem Benutzer solcher Geräte wird es bei der derzeitigen Gepflogenheit häufig vorkommen, daß ihm von verschiedenen Herstellern unter dem gleichen Namen ganz verschiedenartige Schaltgeräte mit entsprechend unterschiedlichen Eigenschaften angeboten werden. Das ist ein Zustand, der vermieden werden sollte. Die geltenden VDE-Vorschriften sind in diesem Punkt scheinbar noch nicht ganz eindeutig.

1. Bezeichnungsweisen für Fernschalter und Schütze

In den Regeln für Schaltgeräte VDE 0660, § 9, ist als Begriffserklärung eines Schalters angegeben: „Schalter sind Geräte zum Verbinden oder Trennen von Strompfaden, ohne daß hierzu Verschraubungen oder ähnliche Hilfsmittel benutzt werden." Das Wort Schalter wird hier als Sammelbegriff aller möglichen Bauformen gebraucht. Die Bezeichnung Schütz kommt in VDE 0660 überhaupt nicht vor. Dagegen sind in den Regeln für Anlasser und Steuergeräte VDE 0650, § 4, unter dem Sammelbegriff „Hilfsschalter" Schütze als Schalter gekennzeichnet, „die durch elektromagnetische Wirkung geschaltet und in ihrer Betriebsstellung gehalten werden". Der Begriff Schütz ist also hier eindeutig festgelegt. Allerdings werden heutzutage Schütze mit und ohne Überstromauslösung nicht nur als Hilfsschalter, sondern vielleicht noch häufiger als Hauptschaltgeräte verwendet. Das im Februar 1940 erschienene Normblatt DIN VDE 713 über Schaltzeichen in Starkstromanlagen bezeichnet sinngemäß als Schütz einen elektromagnetisch betätigten Halteschalter.

In der Industrie findet sich nun die Ansicht, daß ein Schütz, das Überstromauslöser erhält, dadurch zum fernbetätigten Motorschutz-„Schalter" wird[3]). Hierbei wird eine Teileigenschaft des Geräts, nämlich die Schutzausschaltung, zur Namengebung herangezogen. Die zweifellos bestehenden entscheidenden Unterschiede in der Arbeitsweise verklinkter und unverklinkter Geräte sind hierbei außer acht gelassen. Der wichtigste Unterschied besteht bekanntlich darin, daß Schütze, die ja durch elektromagnetische Wirkung in der Einschaltstellung gehalten werden, bei Spannungsrückgang um mehr als etwa 50 % grundsätzlich auslösen, während verklinkte Schalter mechanisch gehalten werden und deshalb von Netzspannungsänderungen unabhängig sind, wenn sie nicht eine besondere Spannungsspule besitzen. Haben verklinkte Schalter Spannungsrückgangsauslösung, dann muß diese entsprechend den VDE-Vorschriften bestimmte Bedingungen erfüllen. In den Regeln für Schaltgeräte VDE 0660, § 48, heißt es hierüber: „Geräte mit Spannungsrückgangsauslösung müssen im Einschaltzustand verbleiben und einschaltbar sein, wenn die Spannung 70 % der Auslösernennspannung beträgt." Diese Bedingung wird von den üblichen Schützbauarten nicht erfüllt; denn meistens können diese bei 70 % Nennspannung überhaupt nicht mehr einschalten, und wenn das ausnahmsweise der Fall sein sollte, dann ist auf jeden Fall die Einschaltleistung wesentlich kleiner als bei Nennspannung. Im allgemeinen vermindert sich die Betriebssicherheit der Schütze schon bei Spannungsabsenkungen um 15 bis 20 % erheblich. Anderseits sind bekanntlich Schütze wegen ihrer einfachen mechanischen Bauart besonders gut für hohe Schalthäufigkeit geeignet und erreichen Schaltzahlen, an welche die üblichen verklinkten Fernschalter bei weitem nicht herankommen. Gerade wegen dieser in der Bauart liegenden Unterschiede wesentlicher Betriebseigenschaften sollte man auch in der Benennung unverklinkte Schütze und verklinkte Schalter auseinanderhalten.

Eine gute Namengebung unter Mitverwenden der Grundbezeichnung Schütz entsprechend dem bekannten (verklinkten) Motorschutz-Fernschalter ist allerdings nicht ganz leicht, denn eine nachgebildete Wortzusammensetzung, wie z. B. Schutz-Schütz, ist unschön. Unlösbar ist diese Aufgabe aber nicht, denn manche Firmen haben für dieses Gerät Bezeichnungen wie Motor-Schütz, Motor-Thermo-Schütz, Schütz mit Motorschutz verwendet. Auch

[1]) Z. B. R. Ulbricht, ETZ 58 (1937) S. 764.
[2]) Z. B. F. Metzger, Elektrizitätswirtsch. 39 (1940) S. 239.
[3]) Vgl. F. Schoof, ETZ 57 (1936) S. 285.



Überstrom-Schütz, Leistungs-Schütz oder Motor-Leistungs-Schütz wären keine abwegigen Bezeichnungen, falls das Schütz hinsichtlich seines Schaltvermögens die einschlägigen VDE-Bestimmungen für Leistungsschalter erfüllt. Diese Namen sind vielleicht nicht ganz so schön wie Motorschutz-Fernschalter, kennzeichnen aber dafür eindeutig Bauart und Wirkungsweise der Geräte, ohne deswegen länger zu sein. Da die Mannigfaltigkeit der verschiedenen Schaltgeräte groß genug ist, sollte man sich eine leicht mögliche Namensunterscheidung grundsätzlicher Bauarten nicht entgehen lassen.

Folgerichtig müßten dann auch aus Schützen zusammengestellte Stern-Dreieck- oder Polumschaltgeräte als Umschalt-Schütze und nicht als Umschalter bezeichnet werden. Hält man sich streng an die vorgenannte Unterscheidung, dann wird auch die Benennung „verklinktes Schütz", die vor einigen Jahren für ein mit Verklinkung versehenes Schütz auftauchte[4]), überflüssig. Diese Bezeichnung wurde für ein Gerät gewählt, das die große zulässige Schalthäufigkeit der Schützbauart mit der Verklinkung des „Schalters" verbindet.

2. Bezeichnungsweisen für Relais und Hilfsgeräte

Eine ähnlich vielseitige Anwendung wie Schalter und Schütze haben in der Elektrotechnik die Relais. Nach ihrem Verwendungszweck können zunächst zwei grundsätzliche Arten unterschieden werden, erstens die Schutzrelais und Wächter, die in Abhängigkeit von der Änderung irgendeiner elektrischen oder anderen physikalischen Größe schalten und hierbei Auslöser oder Meldeeinrichtungen elektrisch betätigen, zweitens die Hilfs- oder Zwischenrelais, die nur zum Verstärken der Schaltleistung oder zum Übertragen eines Befehles an mehrere Steuerstromkreise dienen. Hierzu gehören auch die Melderelais und manche Verzögerungsrelais.

Die VDE-Regeln 0650, § 4, 0660, § 24 sowie 0670, §§ 14 und 17 kennen als Relais oder Wächter elektromagnetische oder physikalische Vorrichtungen, die bei Abweichung von dem zu überwachenden Zustand ansprechen und über Schaltstücke vorzugsweise Auslöser steuern. Die Begriffserklärungen beschränken sich also auf Schutzrelais, während Hilfsrelais nicht genannt sind. Das im Februar 1940 erschienene Normblatt DIN VDE 716 unterscheidet demgegenüber unter Nr. 644 „messende Relais oder Wächter" und Nr. 646 „nichtmessende Relais, z. B. Hilfsrelais oder Hilfsschütze". Man könnte vielleicht noch einen Schritt weiter gehen und bei den messenden Relais die in Abhängigkeit von elektrischen Größen schaltenden als „Relais" bezeichnen, und solche Geräte, die von nichtelektrischen Größen, wie Druck, Temperatur, Strömung u. a., abhängig sind, vorzugsweise „Wächter" nennen[5]). Dabei ist durchaus nicht notwendig, daß eingebürgerte Begriffe, wie z. B. „Zeitrelais" oder „Buchholzschutz", deshalb verschwinden sollen. Fehldeutungen auf Grund der Benennung sind auf dem Gebiet der messenden Relais und Wächter sowieso unwahrscheinlich, da fast jedes Gerät eine Sonderbezeichnung hat, die den Verwendungszweck erkennen läßt.

Ein Abgrenzen durch Festlegen kennzeichnender Eigenschaften könnte aber bei den Hilfsrelais und Hilfsschützen ganz nützlich sein. Hier werden oft gleichartige Geräte mit den genannten verschiedenen Namen belegt. Anstatt Hilfsrelais findet sich auch die Bezeichnung Feinschütz. Die Benennungen sind also auch hier nicht ganz einheitlich, und es wäre sicher von Vorteil, wenn durch bewußtes eindeutiges Festlegen die Haupteigenschaften der Geräte schon aus der Namensbezeichnung ersehen werden könnten.

[4]) ETZ 58 (1937) S. 219.
[5]) Vgl. M. Walter, Relaisbuch (1940) S. 177/178.

Um hier zu einer zweckmäßigen Lösung zu kommen, braucht man nur die grundsätzlichen Kennzeichen ausgesprochener Hilfsrelais bzw. Schütze gegenüberzustellen. Man hat dann einmal ein kleines, leichtes Gerät für verschiedenartige Kontaktarten, wie Arbeits-, Ruhe- oder Umschaltkontakte mit einer kleineren oder größeren Anzahl von Kontakteinrichtungen für Ströme ≤ 10 bis höchstens 20 A. Im Sprachgebrauch werden die Kontakteinrichtungen meistens einfach als „Kontakte" bezeichnet[6]). Die üblichen Schütze sind dagegen fast immer kräftige Schaltgeräte, die meist als ein- bis dreipolige Einschalter ausgebildet und oft auch noch mit Hilfskontakten versehen sind. Die Baureihen der Schütze umfassen Nennstromstärken von 10 bis 600 und mehr A. Die Schaltleistung wird entsprechend dem bevorzugten Verwendungszweck als Motorschütz häufig in kW angegeben. Weiterhin zeigt sich bei näherer Betrachtung, daß Schütze im allgemeinen mindestens ihren Nennnstrom auch als Ausschaltstrom zulassen. Bei Hilfsrelais wird der Begriff Nennstrom weniger gebraucht, sondern man gibt den Einschalt-, Dauer- und Ausschaltstrom an. Auch Schaltleistungsangaben in W finden sich. Dabei zeigt sich, daß der Ausschaltstrom von Hilfsrelais meistens wesentlich unter dem Dauerstrom liegt. Nur manche Wechselstromrelais machen hiervon eine Ausnahme.

Zweifel über die Klassenzugehörigkeit obiger Geräte können sich unter Umständen bei Dauerstromstärken in der Größenordnung von etwa 10 A ergeben. Hält man nun als Hauptklassenkennzeichen der Schütze fest, daß ihr Ausschaltstrom mindestens ebenso groß wie ihr Dauer- bzw. Nennstrom sein soll, dann ist in den meisten Fällen leicht zu entscheiden, ob das Gerät als Schütz oder als Hilfsrelais anzusprechen ist. Unter 10 A Dauerstrom sollte man die Bezeichnung Schütz überhaupt nicht mehr verwenden. Eine grundsätzliche Umbenennung stärkerer Hilfsrelais in Hilfsschütze würde dagegen die Unterscheidung der Geräte nur erschweren. Es ist z. B. ziemlich gebräuchlich, kleine Schütze (mit obigen Schützeigenschaften) in bestimmten Schaltungen als Hilfsschütze zu bezeichnen[7]). Legt man also beim Hilfsschütz die Betonung auf das Wort „Schütz", dann ergibt sich nach Vorstehendem ohne weiteres, welche Eigenschaften das Gerät sinngemäß haben muß. Die Unterscheidung wäre dann am einfachsten und klarsten, wenn man grundsätzlich das angegebene Schützkennzeichen, nämlich Ausschaltstrom $\geq$ Dauerstrom, als Begriffserklärung anerkennen würde. Dieser Festlegung steht scheinbar entgegen, daß bei manchen Schützbauarten der nach VDE 660, § 28 zulässige Dauerstrom aus physikalischen Gründen über dem zulässigen Ausschaltstrom liegt. In solchen Fällen wäre vorteilhafterweise der Nennstrom gleich dem Ausschaltstrom zu setzen, da bei Schützen der höhere Dauerstrom sowieso keine Bedeutung hat und höchstens zu Irrtümern über die Schaltleistung Anlaß geben kann.

Zusammenfassung

Wie gezeigt wurde, bestehen zur Zeit noch ziemlich verschiedenartige Auffassungen darüber, welche Geräte als Motorschutzschalter, Schütze, Hilfsschütze oder Hilfsrelais anzusprechen sind. Zum Teil stehen die üblichen Benennungen nicht ganz im Einklang mit den VDE-Vorschriften, oder diese sind in den fraglichen Punkten recht allgemein gehalten. Da die manchmal willkürliche Namengebung zu Fehlschlüssen über die Eigenschaften der Geräte führen kann, wäre es nützlich, wenn man sich auf einheitliche Bezeichnungen und Abgrenzungen einigen würde, damit schon aus dem Namen die Bauart und Wirkungsweise jedes Gerätes eindeutig ersehen werden kann.

[6]) Vgl. M. Walter, Relaisbuch (1940) S. 21 u. 81.
[7]) Vgl. VDE 0650, § 4.



RUNDSCHAU

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung

DK 621.316.54.064.25

Das Schaltproblem der Hochspannungstechnik. Teil IV: Schalter mit stromabhängiger Löschmittelerzeugung, insbesondere Flüssigkeitsschalter. [Nach F. Kesselring, Arch. Elektrotechn. 35 (1941) H. 3, S. 155; 30½ S., 34 B.]

Obwohl die Schalter mit stromabhängiger Löschintensität (Öl-, ölarme und Expansionsschalter) bis heute zweifellos die weitaus größte Verbreitung gefunden haben, hat es bisher an einer einheitlichen Darstellung der beim Löschvorgang sich abspielenden Vorgänge gefehlt. Der Verfasser zeigt, daß man das Verhalten dieser Schalter über den ganzen Leistungsbereich mit Hilfe des Wasserstoff- und Expansionseffektes befriedigend erklären kann. Aufbauend auf Betrachtungen des II. Teiles[1]) wird die Zündfeldstärke eines in ruhender Wasserstoffatmosphäre brennenden Wechselstromlichtbogens ermittelt. In Näherung liegen die gleichen Entionisierungsverhältnisse beim Unterbrechungsvorgang in Flüssigkeitsschaltern im unteren Stromgebiet vor. Es ist daher möglich, die Wasserstoffkennlinie, d. h. die Lichtbogenlänge in Abhängigkeit vom Unterbrechungsstrom näherungsweise vorauszuberechnen. — Aus der Untersuchung der gegenseitigen Einwirkung zwischen Lichtbogen und Flüssigkeitsoberfläche folgt, daß bei eintretender Expansion Flüssigkeitsteilchen in das Innere des Lichtbogens geschleudert werden. Die Intensität dieses Vorganges (Volumenkühlung, Verringerung des Lichtbogendurchmessers, Entionisierung durch ambipolare Diffusion) wird proportional dem unter Vernachlässigung einer Nachverdampfung berechneten Druckgefälle gesetzt. Aus den Betrachtungen folgt, daß bei genügend kleinem Abstand des Lichtbogens von der Flüssigkeitsoberfläche und entsprechend scharfer Expansion die Lichtbogendauer unabhängig von der Eigenfrequenz der wiederkehrenden Spannung ist, was auch experimentell bestätigt wird. — Aufbauend auf diesen Grundanschauungen werden nun die Kennlinien der verschiedenen Schalter berechnet, und zwar $t_a = f(Z)$ für $Z =$ konst., $t_a = f(I)$ für $U =$ konst. und $t_a = f(U)$ für $I =$ konst. (t_a Lichtbogendauer, $Z = U/I$ Impedanz des Stromkreises, U Spannung, I Abschaltstrom). Die Theorie sagt aus, daß für $Z =$ konst. auch $t_a =$ konst. sein soll. Die experimentelle Nachprüfung an Öl-, ölarmen und Expansionsschaltern ergibt, daß diese Voraussage durch die Versuche in weitem Umfang bestätigt wird. Damit ist es aber möglich, eine Modelltheorie der Schalter mit stromabhängiger Löschmittelerzeugung aufzustellen und insbesondere das Verhalten der Schalter bei Abschaltleistungen, welche größer sind als die zur Verfügung stehenden Prüffeldleistungen mit großer Sicherheit vorauszuberechnen. Das Expansionsprinzip gestattet weiterhin den Unterbrechungsvorgang bei Löschrohrableitern (De-ion gap)[2] und Hartgasschaltern zu deuten. Zum Schluß werden die Vorgänge in schnell abschaltenden Hochleistungssicherungen kurz behandelt und dann in einer Zusammenfassung von Teil I bis IV die wesentlichen Ergebnisse der Gesamtarbeit niedergelegt.

Meßgeräte und Meßverfahren

Bekanntmachung über Prüfungen und Beglaubigungen durch die Elektrischen Prüfämter

Nr. 548

Errichtung von zwei Elektrischen Prüfämtern

(Reichsministerialblatt 1940, S. 495 u. 513)

I. Auf Grund des § 9 des Gesetzes, betreffend die elektrischen Maßeinheiten, vom 1. Juni 1898 (Reichsgesetzbl. S. 905) ist der von dem **Städtischen Elektrizitätswerk** in **Mannheim** nach den Vorschriften der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt errichteten Prüfstelle die Genehmigung erteilt worden, als **Elektrisches Prüfamt 72** amtliche Prüfungen und Beglaubigungen von Elektrizitätszählern und elektrischen Meßgeräten auszuführen, und zwar:

mit Gleichstrom	bis 100 A	600 V,
mit Wechsel- und Drehstrom . .	bis 1000 A	24 000 V.

Berlin, den 20. November 1940

Der Reichsminister für Wissenschaft, Erziehung und Volksbildung

Im Auftrag: Führer

II. Auf Grund des § 9 des Gesetzes, betreffend die elektrischen Maßeinheiten, vom 1. Juni 1898 (Reichsgesetzbl. S. 905) ist der von den **Pfalzwerken Aktiengesellschaft** in **Ludwigshafen** nach den Vorschriften der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt errichteten Prüfstelle die Genehmigung erteilt worden, als **Elektrisches Prüfamt 73** amtliche Prüfungen und Beglaubigungen von Elektrizitätszählern und elektrischen Meßgeräten auszuführen, und zwar:

mit Gleichstrom	bis 200 A	600 V,
mit Wechsel- und Drehstrom . .	bis 100 A	500 V.

Berlin, den 7. Dezember 1940.

Der Reichsminister für Wissenschaft, Erziehung und Volksbildung

Im Auftrag: Groh

DK 621.317.373

Messung von Phasenwinkeln mittels der Kathodenstrahlröhre. [Nach W. Nijenhuis, Philips techn. Rdsch. 5 (1940) S. 210; 7 S., 13 B.]

Führt man den beiden zueinander senkrecht angeordneten Ablenkplattenpaaren einer Kathodenstrahlröhre um 90° verschobene Ablenkwechselspannungen derart zu, daß der Ausschlag in beiden Richtungen gleich ist, so entsteht ein Kreis auf dem Leuchtschirm der Röhre. Wird weiter dem Regelgitter der

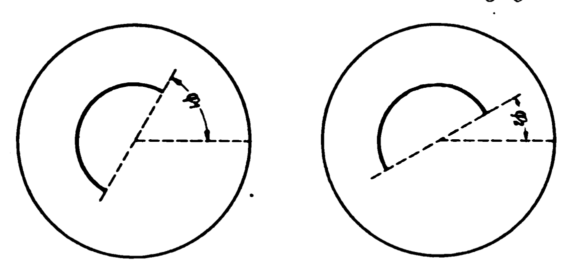


Bild 1. Bildstellungen des Halbkreises auf dem Leuchtschirm.

Kathodenstrahlröhre eine Spannung zugeführt, die dieselbe Frequenz hat wie die den Kreis erzeugenden Ablenkspannungen, so wird die Helligkeit des Kreises auf dem Leuchtschirm auf der einen Kreishälfte stark, auf der anderen schwach sein, wobei der Ort größter Lichtstärke von der Phasenlage der modelnden Spannung gegenüber den Ablenkspannungen abhängt. Legt man daher nacheinander die zwei Spannungen, deren Phasenunterschied man bestimmen will, als modelnde Spannungen an das Regelgitter, so stellt die am Helligkeitsunterschied feststellbare Verdrehung $\varphi_1 - \varphi_2$ des Halbkreises unmittelbar den gesuchten Phasenwinkel dar (Bild 1). Um eine scharfe Einstellung des Halbkreises zu erhalten, muß dafür gesorgt werden, daß die Helligkeit nach Durchlaufen der einen Kreishälfte sich möglichst sprunghaft ändert. Dies wird dadurch erreicht, daß man die modelnde Spannung auf einen großen Wert verstärkt und die hohen Spitzen der Sinuskurve so weit wieder abschneidet, daß eine praktisch rechteckige, periodische Steuerspannung übrigbleibt. Zu diesem Zweck wird die modelnde Spannung dem Gitter einer Verstärkerröhre über einen hohen Gittervorwiderstand zugeführt. Die positiven Spannungsspitzen werden dann durch den infolge des Gitterstromes entstehenden Spannungsabfall im Gittervorwiderstand unterdrückt, während die negativen Spannungsspitzen bereits so weit in den negativen Gitterbereich reichen, daß eine Emission der Röhre nicht mehr stattfindet. Der Anodenstrom hat dann den gewünschten rechteckigen Verlauf. Infolge der Zeitkonstanten im Gitterkreis hat die Anordnung eine obere Frequenzgrenze von 100 000 Hz und

[1]) F. Kesselring u. F. Koppelmann, Arch. Elektrotechn. 29 (1935) S. 1. Teil III. Arch. Elektrotechn. 30 (1936) S. 71.
[2]) ETZ 60 (1939) S. 629.

eine untere von 100 Hz, außerhalb deren eine einwandfreie rechteckige Steuerkurve nicht mehr erzielt wird. Bei der praktischen Ausführung der Schaltung (Bild 2) werden vor der

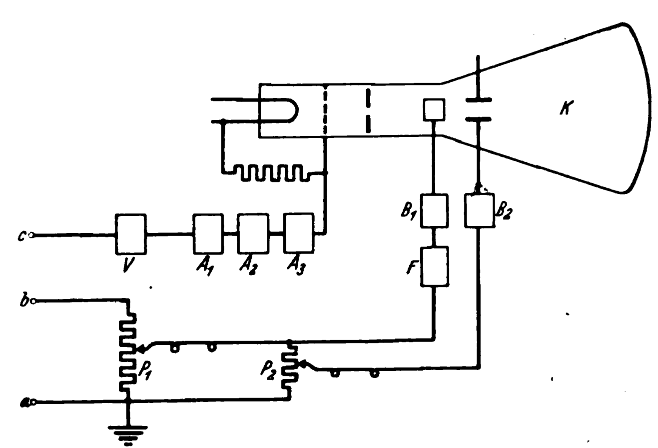


Bild 2. Grundsätzliche Schaltung zum Messen von Phasenwinkeln.

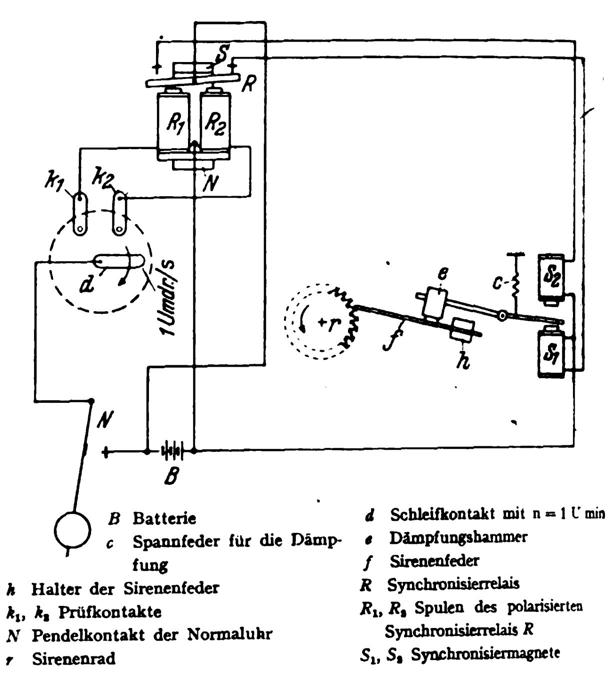
dem Punkt c zuzuführenden modelnden Spannung drei Abschneidestufen A_1, A_2 und A_3 verwendet, vor denen wiederum ein Verstärker V mit selbsttätiger Stärkeregelung für Eingangsspannungen zwischen 6 mV und 3 V liegt, da die Abschneidestufen nur bei nahezu konstanter Spannung richtig arbeiten. Zwischen a und b wird die Hilfsspannung angelegt, die den Kreis erzeugt. B_1 und B_2 sind zwei Gegentaktverstärker, F die 90° Schaltung, P_1 und P_2 die Potentiometer zur Amplitudeneinstellung. Zum Ablesen ist die Röhre mit einer drehbaren Zelluloidscheibe mit Indexstrichen versehen, so daß an einer feststehenden Kreisteilung die Winkeländerung abgelesen werden kann. Das Verfahren, das auf einem ähnlichen bekannten Verfahren zur Frequenzmessung[1]) aufgebaut ist, stellt eine meßtechnisch interessante Lösung des Problems der Phasenmessung[2]) dar; es benötigt jedoch einen nicht unerheblichen Aufwand an Verstärkern und Hilfsanordnungen und setzt das Vorhandensein einer frequenzgleichen Hilfsspannung voraus. Die erreichbare Meßgenauigkeit von etwa 2° dürfte für die meisten Zwecke ausreichen. *Lh.*

DK 531.765

Ein Verfahren zum Synchronisieren von Uhrwerken. [Nach H. Wetzer, Arch. techn. Messen Lfg. T 114 (1940) J 154—10; 2 S., 2 B.]

Um eine Uhr durch eine als Normaluhr anzusehende, genau gehende Uhr zu synchronisieren, d. h. die weniger genau gehende Uhr in engen Grenzen im gleichen Gang mit der Normaluhr zu halten, sind verschiedene Verfahren entwickelt und mit Erfolg benutzt worden, wobei im allgemeinen die Empfindlichkeit, der Aufwand an Geräteteilen und die Wartung mit der verlangten Genauigkeit steigen. H. Wetzer beschreibt ein neues, mit verhältnismäßig einfachen Mitteln und der hohen Synchronisier-Genauigkeit von ± 0,005 s arbeitendes Verfahren zur Synchronisierung solcher Uhrwerke, die mit einer sogenannten Sirenenfeder-Regulierung (Hippsche Hemmung) ausgerüstet sind, also bereits einen hohen Grad von Genauigkeit aufweisen. Zunächst werden die Ursachen der Gangschwankungen dieser Werke aufgeführt, die in erster Linie durch ruckweisen Ablauf der Zugfeder sowie durch eine zu weit gehende Ausnutzung der Federkraft-Ablaufkurve entstehen. Das Uhrwerk wird auf elektrischem Wege durch das Pendel der Normaluhr synchronisiert.

Bild 3 zeigt den Aufbau und die Schaltung der Anlage. Das Hemmungsrad r des Feder-Ablaufwerkes wird von der Sirenenfeder f geregelt, auf der ein Dämpfungshammer e aufliegt. Das Feder-Ablaufwerk treibt ferner eine umlaufende Fühlkontaktscheibe d, deren Drehzahl also entsprechend dem Gang des Laufwerkes schwankt. Das links unten in dem Bild schematisch angedeutete Pendel N der Normaluhr ist mit einem Pendelkontakt ausgerüstet; der bei jeder Vollschwingung des Pendels einmal das Schließen des Stromkreises eines Kipprelais R_1, R_2 vorbereitet. Der endgültige Stromschluß geschieht durch die umlaufende Fühlkontaktscheibe d, und zwar je nachdem, ob das Uhrwerk schneller oder langsamer als die Normaluhr geht, über den Kontakt k_1 oder k_2, so daß entweder die Wicklung von R_1 oder von R_2 erregt wird; dementsprechend wird immer entweder der Elektromagnet S_1 oder S_2 erregt. Bei Erregung von S_1 wird der Dämpfungshammer e entlastet und damit die Schwingungszahl der Sirenenfeder f verkleinert, d. h. der Gang des Uhrwerks verlangsamt. Wird S_2 erregt, so wird der Dämpfungshammer e stärker belastet, die Schwingungszahl der Sirenenfeder f erhöht und damit der Gang des Uhrwerks beschleunigt. Die Abstände der beiden



B Batterie
c Spannfeder für die Dämpfung
h Halter der Sirenenfeder
k_1, k_2 Prüfkontakte
N Pendelkontakt der Normaluhr
r Sirenenrad
d Schleifkontakt mit n = 1 U/min
e Dämpfungshammer
f Sirenenfeder
R Synchronisierrelais
R_1, R_2 Spulen des polarisierten Synchronisierrelais R
S_1, S_2 Synchronisiermagnete

Bild 3. Grundschaltung der Synchronisier-Einrichtung.

Kontakte k_1 und k_2 sind so bemessen, daß die Synchronisierung stets schon dann in Wirkung tritt, wenn der Fehler ± 0,005 s erreicht. Kontrollmessungen mit Druck-Chronographen haben gezeigt, daß diese Genauigkeit erreicht und auch ständig beibehalten wird.

Als Anwendungsbeispiel werden genannt: Registriergeräte für Sternwarten, z. B. zum Erfassen des Sterndurchganges, Synchronisierung von Stoppuhren, von Kurzzeitmessern, von Kontaktgebern mit Uhrwerkantrieb sowie von uhrwerksbetriebenen Geräten zur stroboskopischen Geschwindigkeits- und Drehzahlkontrolle. *Blz.*

Elektrische Maschinen

DK 621.313.3.045.53 : 621.3.013.5

Die doppeltverkettete Streuung von mehrphasigen Mehrlochwicklungen mit Durchmesserschritt. [Nach H. Jordan und K. Schönbacher, Arch. Elektrotechn. 35 (1941) H. 3, S. 185; 7½ S., 3 B.]

Die doppeltverkettete Streuung von Drehstromwicklungen mit Durchmesserschritt für beliebige Phasen- und Stabzahlen wird aus der Fläche der quadrierten Feldkurve und der quadrierten Grundwelle unter den folgenden Voraussetzungen ermittelt:

1. Die Durchflutung der einzelnen Leiter einer Nut wird in deren Mitte punktförmig konzentriert vorgenommen; dadurch ergeben sich treppenförmige Feldkurven, die infolge der endlichen Nutbreite mit der Wirklichkeit nicht vollkommen übereinstimmen. Der Einfluß der endlichen Nutbreite ist in der Arbeit von Jordan-Lax[1]) „Untersuchung des Einflusses einer nicht in den Nutmittellinien konzentriert vorausgesetzten Durchflutung auf die doppeltverkettete Streuung" behandelt worden.
2. Der magnetische Leitwert des Luftspalts wird als konstant angesehen. Diese Annahme bringt bei Beschränkung auf den Anlauf keine wesentliche Abweichung von den tatsächlichen Verhältnissen. Der Grund dafür liegt darin, daß der Einfluß der Nutung dem Magnetisierungsstrom proportional ist, während die Wicklungsoberfelder vom Gesamtstrom abhängen. Der Magnetisierungsstrom ist aber im Anlauf gegenüber dem Gesamtstrom vernachlässigbar klein, so daß die Nutungsfelder, die übrigens die gleichen Feldordnungszahlen und

[1]) B. van der Pol u. C. C. Addink, Philips techn. Rdsch. 4 (1939) S. 217.
[2]) Vgl. auch F. de la C. Chard, Die Messung des Phasenwinkels mit dem Kathodenstrahloszillographen. ETZ 60 (1939) S. 430.

[1]) Jordan-Lax, Elektrotechn. u. Masch.-Bau 58 (1940) S. 393.



Frequenzen wie die Wicklungsoberfelder erzeugen, gegenüber den Wicklungsoberfeldern zurücktreten.

Bei der rechnerischen Behandlung ist die Fourierzerlegung der Treppenfeldkurve erforderlich. Diese läßt sich in einfacher Weise nach einem Verfahren durchführen, bei dem die Unstetigkeiten von periodischen Funktionen als Grundlage dienen[1]). Für eine m-phasige q-Lochwicklung ergibt sich für die doppeltverkettete Streuung der Ausdruck:

$$\sigma_{dv_{m,q}} = \frac{\pi^2}{3} \frac{\sin^2 \frac{\pi}{mq}}{m^2 \sin^2 \frac{\pi}{m}} \left[q^2 \left(\frac{3}{\sin^2 \frac{\pi}{m}} - 2 \right) + 2 \right] - 1 .$$

Die Werte der doppeltverketteten Streuung $\sigma_{dv_{m,q}}$ sind für verschiedene Phasenzahlen m und Lochzahlen q in einer Tafel zusammengestellt. Daraus ist zu entnehmen, daß die Beträge der doppeltverketteten Streuung mit der Lochzahl je Pol und Phase sehr stark absinken, wobei der Einfluß der Phasenzahl m überwiegt. Ist also die Lochzahl je Pol gegeben, so ist es mit Rücksicht auf die doppeltverkettete Streuung zweckmäßig, auf Kosten der Lochzahl je Pol und Phase möglichst viele Phasen anzuordnen. Nach diesen Gesichtspunkten wird eine Wicklung angegeben, die bei dreiphasigem Netzanschluß einen zwölfphasigen Strombelag aufweist. Diese Art der Wicklung dürfte zur Bekämpfung der synchronen Drehmomentschwankungen von Schleifringankermotoren von Vorteil sein.

Von den angeführten Sonderfällen interessiert vor allem die Formel für die doppeltverkettete Streuung von Käfigläufern, die dem Fall der Einlochwicklung $q = 1$ entspricht:

$$\sigma_{dv_{m,1}} = \left(\frac{\frac{\pi}{m}}{\sin \frac{\pi}{m}} \right)^2 - 1 .$$

Die Phasenzahl m des Käfigläufers kann dabei auch eine gebrochene Zahl sein.

[1]) G. Koehler und A. Walther, Fouriersche Analyse von Funktionen mit Sprüngen, Ecken und ähnlichen Besonderheiten, Arch. Elektrotechn. 25 (1931) S. 747. — H. Jordan und K. Schönbacher, Graphische Fourieranalyse, AEG-Mitt. (1940) S. 107.

Lichttechnik

DK 621.327.312

Kondensator-Zündgerät für Quecksilber-Höchstdrucklampen. [Nach Kurt Kirsch, Licht u. Lampe 29 (1940) S. 339; 1 S., 5 B.]

Von Kirsch wird die Entwicklung eines neuen Zündgerätes für Quecksilberhöchstdrucklampen bekanntgegeben, das auf dem Prinzip der Kondensator-Stoßentladung beruht. Eine der Höhe der zu erzeugenden Stoßspannung entsprechende Anzahl von Kondensatoren C_1 bis C_n (Bild 4) wird in Parallelschaltung am Gleichstromnetz über die Kontakte K_1 bis K_n aufgeladen und hierauf in Reihe geschaltet. Die Kondensatoren entladen sich dann über die parallel zum Gerät liegende Höchstdrucklampe und bringen diese zum Zünden. Die Betätigung der beiden Schaltstellungen der Kontakte K_1 bis K_n geschieht durch eine Schaltwalze, die vorläufig durch Druckknopf von Hand bedient wird, doch ist bereits eine selbsttätig wirkende Anordnung in Entwicklung. Soll das Gerät nicht an 110 V, sondern an 220 V betrieben werden, so wird durch den in der Mitte gezeichneten Umschalter ein Teil der Kondensatoren abgeschaltet. Der Vorteil des Gerätes gegenüber den bisher üblichen, bei denen ein Induktionsstoß zur Zündung verwendet wird, besteht einmal in dem wesentlich geringeren Aufwand an Sparmetallen sowie im geringeren Gewicht und Preis. Da das Gerät außerdem nicht im Lampenstromkreis, sondern parallel zur Lampe liegt, kann ein Gerät zum Zünden mehrerer gleichzeitig betriebener Lampen verwendet werden. *Frh.*

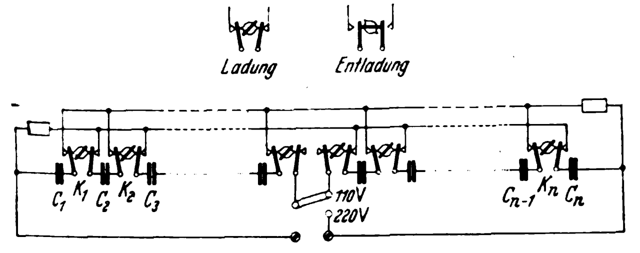


Bild 4. Grundsätzliche Schaltung des Kondensator-Zündgerätes nach Kirsch für Quecksilberhöchstdrucklampen.

Bergbau und Hütte

DK 621.365.414+.52 : 669.13

Eignung des Hochfrequenzofens für Eisengießereien[1]). [Nach C. W. Pfannenschmidt, Mitt. Forsch.-Anst. Gutehoffn. Oberhausen 8 (1940) S. 71; 8 S., 1 B., 4 Taf.]

Bereits im Weltkrieg begannen die Versuche zur Einschmelzung von Schrott und zum Veredeln von Grauguß mit Hilfe von Elektroöfen, die seiner Zeit als Lichtbogenanlagen ausgeführt waren. Einige Jahre danach erschien dann der Niederfrequenzofen mit etwa 3 bis 25 Hz als Schmelzanlage in Eisengießereien. Infolge der verbesserten Schmelzgangführung ließen sich durch elektrisches Erschmelzen beachtliche Festigkeitssteigerungen bei den Erzeugnissen erreichen. Bei Übergang zu 500 Hz oder mehr ließ sich die Ofenbauart unter Verzicht auf den bei Hochfrequenz nicht mehr nötigen Eisenkern zu einer wassergekühlten Kupferspirale, in deren Innern der Tiegel liegt, vereinfachen. Außerdem ist der Hochfrequenzofen dem Lichtbogenofen durch gleichmäßigere Belastung überlegen. Um die bisherigen günstigen Betriebsergebnisse zu belegen, werden Schmelzergebnisse und Schmelzkosten einer Hochfrequenzanlage für 1,5 t Einsatz in der Arbeit mitgeteilt.

Die betrachtete Schmelzanlage hatte bereits über 4500 Schmelzen mit rd. 7000 t geliefert. Die Speisung des Ofens erfolgt durch einen Umformer, bestehend aus einem Hochspannungsmotor für 10 kV, 50 Hz, $n = 1480$ U/min, $\cos \varphi = 0{,}86$ für 550 kVA, der mit einem Einphasen-Generator für 500 Hz bei 2,3 bis 3 kV und einer Haupt- und Hilfs-Erregermaschine unmittelbar gekuppelt ist. Zur Leistungsfaktorverbesserung sind neben dem Ofen, der als kippbarer Tiegelofen ausgebildet ist, 30 Kondensatoren für je 204 bkVA, 3 kV aufgestellt. Davon sind 10 Kondensatoren fest in den Stromkreis geschaltet, die übrigen werden nach Bedarf hinzugefügt. Der spezifische Stromverbrauch der Anlage konnte bei den Betriebsschmelzen in reinem Graugußbetrieb auf 625 kWh/t einschließlich Überhitzung der gießfertigen Schmelze gesenkt werden, während für Stahlguß noch 800 kWh/t benötigt wurden, aber auf den Betrag von etwa 650 kWh/t senkbar erscheinen. Diese Zahlen liegen bei etwas größeren Anlagen in etwa der gleichen Größenordnung. Obwohl die Anschaffungs- und Abschreibungsbeträge für den Hochfrequenzofen höher sind, ergeben sich durch die größeren Durchsatzzeiten und niedrigeren Stromverbrauchswerte fast gleiche Unkosten wie beim Lichtbogenofen. Hierfür wird unter Zugrundelegung bestimmter Stromtarife, Graphit- und Zustellungskosten der zahlenmäßige Nachweis geführt. Aus ihm folgt, daß der Hochfrequenzofen trotz höherer Abschreibungskosten erfolgreich mit dem Lichtbogenofen in Wettbewerb treten kann. Zur Anwendung des Hochfrequenzofens in Graugießereien ist besonders vorteilhaft der Wegfall der Elektroden, die billige, mit geringen Lohnkosten herstellbare Tiegelauskleidung, die einfache Bedienung des Ofens und sein niedriger Stromverbrauch. *Tsch.*

Fernmeldetechnik

DK 621.385.15 : 621.394.645

Elektronenverstärkerröhren mit statischer Sekundäremissionsvervielfachung. [Nach W. Flechsig und M. Sandhagen, Mitt. Fernseh-A.G. 2 (1940) S. 16; 9 S., 11 B.

In der Arbeit werden Verfahren zur gleichzeitigen Steuerung eines Elektronenstromes und seiner Verstärkung durch Sekundäremissionsvervielfachung beschrieben. Zunächst wird der Fall betrachtet, daß erst eine Steuerung des Stromes vorgenommen und der gesteuerte Strom im Vervielfacher unabhängig von der Steuerwirkung in festem Maß verstärkt wird. Unter Berücksichtigung der Tatsache, daß bei vorgegebener Bandbreite die Verstärkerwirkung einer Sekundärelektronen-Verstärkerröhre (SE) um so besser ist, je größer das Verhältnis Steilheit zu Ausgangskapazität ist, erhält man die Bedingung, daß die relative Steilheit der Röhre, d. h. das Verhältnis Eingangssteilheit zu Eingangsstrom, möglichst groß gemacht werden muß; denn neben der Eingangssteilheit s_g wird im SE-Verstärker auch der Eingangsruhestrom i_a verstärkt, so daß bei großem Eingangsruhestrom zur Vermeidung unzulässiger Erhitzung nicht nur großflächige SE-Elektroden, sondern auch eine großflächige Prallplatte nötig ist, deren Größe die Ausgangskapazität bestimmt. Weiterhin liegt die Forderung einer möglichst großen relativen Steilheit auch darin begründet, daß der Grundstrom möglichst weit durchmoduliert werden soll. Zur Erhöhung der relativen Steilheit, d. h. zur Erniedrigung des Grundstromes wird der Arbeitspunkt nicht in den durch die Langmuirsche Gleichung erfaßten Kennlinienbereich, sondern in das Anlaufstromgebiet verlegt. Ausgehend

[1]) S. a. ETZ 58 (1937) S. 1010, 1089 und ETZ 61 (1940) S. 764, 811.

von der Überlegung, daß bei festem Kathoden-Gittersystem der Anlaufstrom außer von der Kathodentemperatur und der Gitterspannung nur von dem von Außenelektroden in der Gitterebene verursachten Potential abhängen kann, wurde das zu untersuchende Kathoden-Gittersystem symmetrisch mit einer weiteren Elektrode beliebigen Durchmessers umgeben; mit diesem Aufbau wurden die in Bild 5 gezeigten Anlauf-

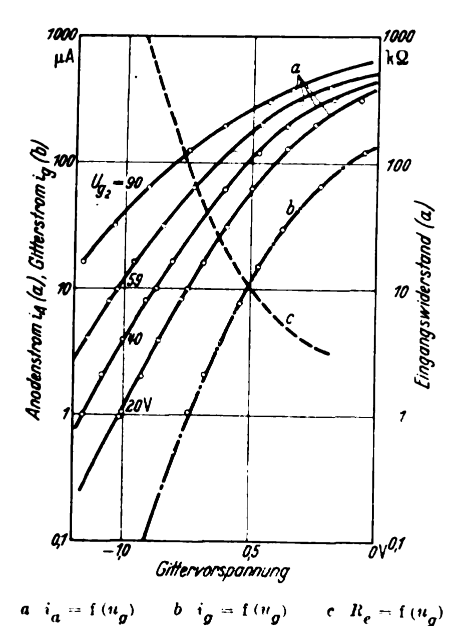


Bild 5. Sekundärelektronen-Verstärkerkennlinien.

stromkennlinien aufgenommen, wobei die Spannung an der Außenelektrode als willkürliches Maß für die von ihr herrührende Feldstärke in der Gitterebene den Parameter darstellt. Da die relative Steilheit $\frac{s_g}{i_a} = \frac{d\,i_a/d\,u_g}{i_a} = 2{,}303 \frac{d\,(\log i_a)}{d\,u_g}$ in den Kurven i_a im logarithmischen Maßstab aufgetragen ist, sind die Werte der relativen Steilheit durch die Tangente an die Kurven gegeben. Man sieht, daß die relative Steilheit bei Steigerung der negativen Gittervorspannung auf einen festen Höchstwert ansteigt; ferner kann man feststellen, daß es unter den bei verschiedenen Parameterwerten gleichen Werten der relativen Steilheit einen gibt, bei dem der Strom einen Höchstwert hat; bei diesem Wert ist somit die kleinste SE-Vervielfachung zur Erzielung einer geforderten Verstärkung nötig. Mit eingezeichnet ist die Gitterstromkurve (b), die sich mit dem Parameter nur unbeträchtlich ändert, so daß für alle Parameter auch die gleiche Eingangswiderstandskurve (c) gilt. Dabei ergibt sich der Eingangswiderstand aus der Gleichung

$$R_e = \frac{1}{\frac{d\,i_g}{d\,u_g}} = \frac{1}{i_g\,2{,}303\,\frac{d\,(\log i_g)}{d\,u_g}}\,.$$

Aus den Kurven lassen sich die Bedingungen ablesen, unter denen z. B. ein bestimmter Ausgangsstrom zu erwarten ist.

Die eben beschriebene Steuerungsart beruht auf der Verschiebung einer Potentialschwelle. Eine andere Möglichkeit der Steuerung besteht in der Verschiebung der Elektronenbahnen durch ein gesteuertes Ablenkfeld. Dabei wird ein scharf begrenzter Elektronenstrahl über einer Schneidenkante, hinter der sich der SE-Vervielfacher befindet, ausgelenkt, so daß entsprechend der Größe dieser Auslenkung des elektronenoptischen Bildes des Strahlquerschnitts über die Kante mehr oder weniger Elektronen in den SE-Vervielfacher eintreten. Es ist leicht einzusehen, daß zur Erzielung einer großen relativen Steilheit eine hohe Ablenkempfindlichkeit und ein möglichst scharfer Einsatz des in den Vervielfacher bei der Ablenkung über die Schneidenkante eintretenden Stromes anzustreben ist und daß jede Erhöhung der Stromdichte im Strahl eine Verringerung der erforderlichen SE-Vervielfachung bewirkt. Mit der beschriebenen Gittersteuerung im Anlaufstromgebiet wurden Steilheiten bis zu 100 mA/V bei 10 mA Ausgangsstrom und mit einer besonderen Röhre bis zu 3 mA/V bei 300 mA Ausgangsstrom erreicht. Bei Steuerung durch Bahnverschiebung konnten Steilheiten von 2 bis 4 A/V bei 10 mA Ausgangsstrom erzielt werden. Schließlich wird eine dritte, praktisch brauchbare Steuermöglichkeit besprochen, die darin besteht, daß durch die Steuerspannung die Elektronenbahnen so verlagert werden, daß einzelne Vervielfacherstufen ein- und ausgeschaltet werden.

Den Aufbau einer solchen Anordnung zeigt Bild 6. Es handelt sich hier um einen sogenannten Netzverstärker[1], dessen Netze scharfe Kanten aufweisen, die stufenförmig abgesetzt sind. Beträgt die Stufenhöhe etwa 0,2 mm und wird der Elektronenfleck auf der Prallplatte um 0,2 mm abgelenkt, so entspricht dieser Ablenkung gemäß der Tatsache, daß nun eine SE-Elektrode mehr oder weniger eingeschaltet ist, eine Verdopplung oder Halbierung des Ausgangsstromwertes. Praktisch werden beim Anwenden dieser Steuerung, bei der das Ausmaß der Vervielfachung der Steuerwirkung direkt unterliegt, die gleichen Steilheiten erreichbar sein wie bei der Steuerung der Auslenkung eines Strahls in den SE-Vervielfachern. Die Verwendbarkeit der beschriebenen Röhren erstreckt sich bis zu 10^8 Hz; die Verstärkungsziffer liegt um 1 bis 2 Größenordnungen höher als bei den neuen gewöhnlichen Verstärkerröhren, so daß auch noch eine Breitbandverstärkung durchführbar ist, wenn gewöhnliche Röhren schon versagen. Der Rauschpegel liegt ungefähr so hoch wie bei gewöhnlichen Verstärkerröhren. *E. C. M.*

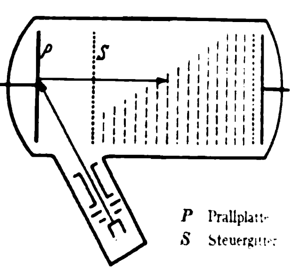


Bild 6. Aufbau des Netzverstärkers.

Werkstatt und Baustoffe

DK 620.179.141

Einfluß der Feldverteilung auf die Fehlererkennbarkeit beim Magnetpulververfahren. [Nach E. A. W. Müller, Z. VDI 84 (1940) S. 472; 5 S., 15 B.]

Die Empfindlichkeit des Fehlernachweises beim Magnetpulververfahren hängt in erster Linie von der Größe der Induktion im Werkstoff ab. Bei der Prüfung längerer Stücke und vor allem bei Stücken mit stark wechselndem Querschnitt ist insbesondere bei Längsmagnetisierung zu beachten, daß die Induktion und damit die Fehlererkennbarkeit an verschiedenen Stellen recht verschiedene Werte annehmen kann. Um ein Bild über die bei der Längsmagnetisierung langer Wellen mit Einspannung an den Enden zwischen Magnetpolen auftretende Feldverteilung zu bekommen, wurde diese an einer Getriebewelle mit gleichbleibendem Querschnitt, an einer Pumpenwelle mit mehrfach abgesetztem Querschnitt und an einer Kurbelwelle mit zahlreichen Kröpfungen untersucht. Bei der glatten Getriebewelle war die Induktion in der Mitte infolge der Streuverluste etwa 10% niedriger als an den Enden. Dies bedeutet bei der zum Erreichen einer guten Fehlererkennbarkeit notwendigen hohen Induktion, daß der Magnetisierungsstrom zur Prüfung der Wellenmitte ein mehrfaches des Stromes betragen muß, der zur Prüfung der Enden erforderlich ist. Immerhin können Wellen und Stangen mit gleichbleibendem Querschnitt auch bei großen Einspannlängen mit konstanter Fehlererkennbarkeit geprüft werden, wenn für die einzelnen Abschnitte jeweils die Magnetisierung passend eingestellt wird. Bei Pumpenwellen, Radachsen und anderen Rundkörpern mit größerem Querschnitt in der Mitte als an den Enden wird dies oft nicht möglich sein, da die Sättigung in dem kleineren Endquerschnitt der Magnetisierung des größeren Querschnittes in der Mitte eine Grenze setzt. Dann muß abschnittweise magnetisiert werden. Kurbelwellen mit geringen Querschnittsschwächungen kann man in Abschnitten bis zu 1 m Länge magnetisieren; die starken Kraftlinienzusammendrängungen an der Innenseite der Kröpfungen lassen sich durch Feldregelung berücksichtigen. Treten starke Querschnittsschwächungen auf, so muß zur Erzielung einer einheitlichen und ausreichenden Fehlererkennbarkeit in kürzeren Abschnitten untersucht werden, z. B. müssen die Kröpfungen einzeln zwischen die Magnetpole gebracht werden. Zur praktischen Durchführung des Verfahrens wurde ein Gerät entwickelt, bei dem der Abstand der Schenkel des Magneten in weiten Grenzen erforderlich ist. Die längs der Getriebe- und der Pumpenwelle auftretenden Richtkräfte auf die Eisenpulverteilchen wurden berechnet und ergaben ein anschauliches Bild von den beträchtlichen Unterschieden in der Fehlererkennbarkeit an den einzelnen Meßstellen. *ro.*

[1]) Z. techn. Phys. 19 (1938) S. 444.

VERSCHIEDENES

BEKANNTMACHUNGEN

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker
(Eingetragener Verein)

Fernsprecher: 30 06 31 — Postscheckkonto: Berlin 213 12
Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00
Postscheckkonto der ETZ-Verlag G. m. b. H.: Berlin 223 84

Ostdeutsche VDE-Tagung in Danzig

23. und 24. Mai 1941

Wir verweisen auf den ausführlichen Zeitplan in Heft 16 der ETZ vom 17. April 1941 und machen gleichzeitig darauf aufmerksam, daß diesem Heft der ostdeutschen Auflage der ETZ für die VDE-Bezirke Danzig-Westpreußen, Niederschlesien, Oberschlesien, Ostpreußen, Pommern sowie Wartheland und Generalgouvernement die Einladung nebst Anmeldekarte beiliegt.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V. im NS-Bund Deutscher Technik
Viefhaus
Geschäftsführer

VDE-Bezirk Danzig-Westpreußen
Schmidt
Leiter des Bezirkes

Wandler

Der Ausschuß für Wandler hat beschlossen, die in VDE 0414/X. 40, § 1 b), angegebene Übergangsfrist von einem Jahre um ein weiteres Jahr zu verlängern. § 1 b) erhält demnach folgenden Wortlaut:

„Während einer Übergangsfrist von zwei Jahren, vom Zeitpunkt des Inkrafttretens an gerechnet, werden Wandler, die nach VDE 0414/1932 hergestellt sind, als den VDE-Bestimmungen entsprechend angesehen."

Die Änderung wurde vom Vorsitzenden des VDE im April 1941 genehmigt.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
Der Geschäftsführer
Viefhaus

Bezirk Berlin

vormals Elektrotechnischer Verein
(Gegründet 1879)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 I, VDE-Haus
Fernsprecher: 30 06 31

Fachversammlung

des Fachgebietes „Leitungstelegraphie und -telephonie"

Leiter: Direktor Professor K. Küpfmüller VDE.

Vortrag

des Herrn Dr. phil nat. C. A. Hartmann, Berlin, am Dienstag, 29. April 1941, 18^{30}, in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Hörsaal EB 301, über das Thema:

„Werkstoffragen der Nachrichtentechnik. III. Elektrisch und magnetisch wirksame Werkstoffe (ohne Leitungen und Kabel)".

Inhaltsangabe:

Die hier behandelten Werkstoffragen und Richtlinien für ihre Lösung.
Elektrisch wirksame Stoffe bei Kondensatoren, Kontakten sowie Widerstands- und Spulenwicklungen.
Magnetisch wirksame Stoffe bei Spulen, Übertragern u. ä., Relais und elektroakustischen Geräten.

Fachversammlung

des Fachgebietes „Leitungstelegraphie und -telephonie"

Leiter: Direktor Professor K. Küpfmüller VDE.

Vortrag

des Herrn Dr. G. Kießling, Berlin, am Dienstag, dem 6. Mai 1941, 18^{30}, in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Hörsaal EB 301, über das Thema:

„Neuere Erkenntnisse auf dem Gebiete der Massekerntechnik"

(nach gemeinsamen Untersuchungen von G. Kießling und O. Ludl).

Arbeitsgemeinschaften (Technischer Nachwuchs)

Die Teilnahme ist frei. VDE-Mitgliedschaft ist nicht Bedingung.

Hochfrequenztechnik. Leiter: Dr.-Ing. F. W. Gundlach VDE.
28. April 1941, 18^{00}, im Hörsaal HG 141 der Technischen Hochschule zu Charlottenburg. Vortragsreihe: Trägerfrequenztechnik. „Hochfrequenztelephonie auf Starkstromleitungen". Vortragender: Dipl.-Ing. R. Baranowski VDE.

Installationstechnik. Leiter: Dipl.-Ing. R. Schamberger VDE.
29. April 1941, 18^{00}, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. „Sicherungsorgane im Niederspannungsverteilungsnetz unter besonderer Berücksichtigung der Selektivität". Vortragender: Dr.-Ing. H. Walther VDE.

Elektrotechnisches Rechnen. Leiter: Dr.-Ing. L. Mirow VDE.
30. April 1941, 18^{00}, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. „Die winkeltreue Abbildung und ihre Anwendungen in der Technik". Vortragender: E. Hameister VDE.

Hochspannungstechnik. Stellv. Leiter: Dipl.-Ing. Fr. Schultheiss VDE.
2. Mai 1941, 18^{00}, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. „Entstehung von atmosphärischen Überspannungen und deren Nachbildung im Labor". Vortragender: Dipl.-Ing. W. Siemer VDE.

VDE-Bezirk Berlin
vormals Elektrotechnischer Verein
Der Geschäftsführer
Burghoff

PERSÖNLICHES

X. Mayer. — Am 20. April 1941 feierte der Herr Generaldirektor Dipl.-Ing. Dr.-Ing. E. h. Xaver Mayer VDE seinen 60. Geburtstag. Er steht als alleiniges Vorstandsmitglied der Großkraftwerk Stettin AG. und Vorsitzer der Geschäftsführer der Stettiner Stadtwerke G.m.b.H. an der Spitze der Stettiner Versorgungsbetriebe. Dr. Mayer wurde 1911 nach Stettin berufen, um die Neuordnung der Stettiner Elektrizitätsversorgung durchzuführen, eine Aufgabe, die er in vorbildlicher Weise löste. Von 1917 bis 1933 war er unbesoldeter Stadtrat und hatte die Dezernate „Versorgungsbetriebe" und „Brennstoffwirtschaft" zu verwalten. 1933 wurde er in Anerkennung seiner Verdienste um die Stadt zum Stadtältesten ernannt.

Anläßlich seines 25jährigen Dienstjubiläums am 11. 11. 1936 haben wir seine Verdienste um die deutsche Elektrizitätswirtschaft eingehend gewürdigt[1]).

F. Polenz. — Herr Oberregierungsbaurat Dipl.-Ing. Fritz Polenz VDE ist mit Wirkung vom 1. 3. 1941 zum Ministerialrat beim Oberkommando des Heeres ernannt worden.

G. Schmidt. — Am 2. April feierte Herr Prof. Georg Schmidt VDE in Ilmenau/Thür., seinen 70. Geburtstag. In Ulm geboren, studierte er an der T. H. Hannover Maschinenbau und Elektrotechnik. Sein Lebenswerk ist die Ingenieurschule Ilmenau, die in allen Fachkreisen ein sehr großes Ansehen genießt. Als 1894 in Ilmenau die Ingenieurschule gegründet wurde, ist auf seine Veranlassung im Gegensatz zu anderen Lehranstalten, deren Maschinenbaulehrplan nur einige elektrotechnische Vorlesungen enthielt, eine Sonderabteilung Elektrotechnik eingerichtet worden, die er im Laufe seines Lebens zu einer bemerkenswerten Höhe führte. Die Bedeutung des Laboratoriumsunterrichtes für die Ingenieurausbildung erkannte Herr Prof. Schmidt frühzeitig. Bereits 1904 schuf er ein umfangreiches Maschinen- und Elektrolaboratorium, zu einer Zeit, als nur wenige Hochschulen über ähnliche Einrichtungen verfügten. Ferner richtete er im Laufe der Jahre an seiner Anstalt umfangreiche Laboratorien für die verschiedensten Sondergebiete des Maschinenbaus und der Elektrotechnik ein. Im Jahre 1898 gründete Herr Schmidt eine Maschinenfabrik mit dem Hauptziel, eine systematische und gründliche Praktikantenausbildung für die Ingenieurstudenten durchzuführen. Diese Gründung dürfte die erste deutsche Lehrwerkstatt im

[1] ETZ 57 (1936) S. 1368.



heutigen Sinne gewesen sein. Georg Schmidt ist Mitbegründer des Bezirksvereins des VDE in Thüringen. Er ist heute noch beruflich tätig, und wohl damit der älteste Fachschulleiter.

P. Schuster. Der Leiter des Gas- und Elektrizitätswerks Singen/Hohentwiel (Deutsche Continental-Gas-Gesellschaft), Herr Direktor Paul Schuster VDE, trat aus Gesundheitsrücksichten am 1. April 1941 in den Ruhestand.

Herr Schuster wurde, nachdem er im Jahre 1906 zuerst als Betriebsleiter bei den Neckarwerken in Pfullingen tätig war, Betriebsleiter der Elektrizitätswerke in Reutlingen und Diedenhofen. Hier kam er durch die gemeinsame Verbindung des Elektrizitäts- und Gaswerks auch mit dem Gasfach in Berührung. Im Jahre 1925 ging er als Betriebsleiter nach Singen.

BUCHBESPRECHUNGEN

DK 621.315.2

Geschichte der deutschen Fernmeldekabel. Herausgeg. v. Dr.-Ing. E. h. P. Craemer. 1. Teil: Telegraphen-Landkabel einschließlich der Flußkabel. Von Min.-Rat a. D. A. Kunert. Mit 34 B., 4 Taf. XVII u. 239 S. im Format 153 × 230 mm. Verlag von E. S. Mittler & Sohn Berlin 1940. Preis geb. 6,— RM.

Die Entwicklung der Fernmeldekabel, die besonders in den letzten 20 Jahren sehr lebhaft gewesen ist, hat jetzt einen Höhepunkt erreicht, der es wünschenswert erscheinen läßt, den zurückgelegten Weg einmal rückschauend zu betrachten. Noch leben zahlreiche Fachleute, die an der Entwicklung mitgearbeitet haben. Für sie wird das Studium der Geschichte des Fernkabels überaus reizvoll sein. Sehen sie doch einen Teil ihrer eigenen Lebensarbeit im Geiste an sich vorüberziehen. Dem jüngeren Fachgenossen wird eine historische Darstellung des Werdegangs der Fernmeldekabel die wertvollsten Anregungen bieten, die für die Weiterentwicklung der Kabeltechnik von Vorteil sein werden. Im übrigen bietet die Lektüre der Geschichte jeder technischen Entwicklung für den denkenden Menschen einen Genuß. Die Herausgabe eines Buches über die Geschichte der deutschen Fernkabel ist daher sehr zu begrüßen.

Die Geschichte der deutschen Fernkabel wird mit einer Arbeit über das Telegraphen-Landkabel einschließlich der Flußkabel von Ministerialrat a. D. Kunert eröffnet. Der sehr umfangreiche Stoff über die Geschichte des Telegraphenkabels war in vielen kleinen und großen Veröffentlichungen, in den Akten der Behörden und der Firmen verstreut. Mit Sorgfalt hat der Verfasser alle Quellen benutzt und ausgeschöpft. Die Kenntnis des Schrifttums als alter Telegraphenpraktiker kam ihm dabei sehr zustatten.

Der erste Abschnitt über die Guttapercha- und Gummikabel nimmt naturgemäß den größten Raum ein, da er die Anfänge des Telegraphenkabels bis zu den 80er Jahren des vorigen Jahrhunderts umfaßt. Ausgehend von einer Definition der gebräuchlichen Ausdrücke wie Kabel, Leiter, Isolierhülle, Seele usw., und den ersten Versuchen der Fortleitung der Elektrizität, schildert der Verfasser den Werdegang der ersten Kabel und ihrer Verlegung in den Ländern Preußen, Sachsen, dem übrigen Deutschland und Österreich. Die Baustoffe und der Aufbau des Kabels werden im einzelnen beschrieben.

Die Einführung neuer Isolierstoffe wie des Faserstoffs und des Papiers für den Aufbau des Kabels führte zu einer neuen Kabelart, die im folgenden Kapitel behandelt wird. Herstellung, Verbindung der Kabelstücke und der Abschluß der Kabel ändern sich grundlegend. Hier tritt zum ersten Male die nahtlose Umpressung des Kabels mit einem Bleimantel zum wasserdichten Abschluß der Kabelseele in die Praxis ein.

Ein weiteres Kapitel beschäftigt sich mit der Verbindung der Kabel mit den oberirdischen Leitungen und mit den Amtseinführungen. Mit diesem Kapitel wäre die Geschichte des alten Telegraphenkabels abgeschlossen. Aber die Mitbenutzung der modernen Fernsprechkabel durch die Telegraphie hat noch zwei weitere Kapitel nötig gemacht, in denen das Bildfunkkabel und die Telegraphie in den Fernkabeln kurz geschildert werden. Von Interesse für den Leser ist auch der Anhang, in dem kurze Lebensläufe einiger Forscher, Techniker usw., die für die Entwicklung des Telegraphenkabels von Bedeutung waren, angeführt werden. Eine Zeittafel gibt eine Übersicht über die Geschehnisse. In den Anlagen bringt der Verfasser urkundliche Belege wie Bescheinigungen, Verträge, Patente u. dergl., die bei der Abfassung der Arbeit zur Verfügung standen. Diese Anlagen tragen zur Abrundung des Gesamtbildes über die Geschichte des Telegraphenkabels wesentlich bei. In einem Schrifttumsverzeichnis sind die benutzten Quellen zusammengestellt.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß die Kunertsche Geschichte des Telegraphenkabels für jeden Fachmann eine wertvolle Bereicherung des Schrifttums darstellt. Aber auch jeder technisch Gebildete wird das Buch, das einen Ausschnitt aus der Entwicklung der allgemeinen technischen Fortschritte der letzten Jahrzehnte gibt, mit Nutzen zur Hand nehmen.

P. Kleinsteuber

DK 517.9

Die Lösung angewandter Differentialgleichungen mittels Laplacescher Transformation. Von Dr. phil. H. W. Droste. Mit Vorwort v. Prof. Dr. phil. G. Doetsch. (Heft I von Neuere Rechenverfahren der Technik, herausgegeben v. Dr. phil. H. W. Droste). 35 S. im Format 210 × 297 mm. Verlag E. S. Mittler & Sohn, Berlin. 1939. Preis geh. 5,— RM.

Nach einem ausführlichen geschichtlichen Überblick gibt der Verfasser in kurzer Zusammenfassung die Grundzüge für die Lösung von Differentialgleichungen mittels Laplacescher Transformation. Hierbei wird besonders auf die Arbeiten von G. Doetsch zurückgegriffen. Es werden die verschiedenen Regeln und Sätze für die Laplacesche Umwandlung abgeleitet, übersichtlich zusammengestellt und an Beispielen erläutert. Sehr wertvoll ist hier u. a. der Satz über die Aufteilung in Dauer- und Ausgleichvorgang bei sich sinusförmig ändernder Störungsfunktion. Es folgen dann die Lösungen verschiedener gewöhnlicher linearer Differentialgleichungen mit konstanten Koeffizienten und der Heavisidesche Entwicklungssatz. In einem weiteren Absatz wird gezeigt, wie die Lösung der Besselschen Differentialgleichung mit Hilfe der Laplace-Transformation erhalten wird; anschließend werden die Abteilungen einiger Beziehungen zwischen den Besselschen Funktionen gegeben. Die Behandlung von linearen partiellen Differentialgleichungen wird am Beispiel der Telegraphengleichung gezeigt. Die Schlußseite gibt eine Sammlung von Laplace-Integralen.

In dem vorliegenden Heft erhält der Praktiker in Kürze und übersichtlicher Form die erforderlichen Grundlagen für die Anwendung der Laplace-Transformation, um mit Erfolg die Vorteile dieses Rechenverfahrens für seine Aufgaben ausnutzen zu können. Das in Fußnoten zahlreich angegebene Schrifttum ermöglicht für das behandelte Sachgebiet ein tieferes Eindringen in das Wesen der Laplace-Transformation.

L. Mirow VDE

EINGÄNGE

Bücher

Kunststoff-Taschenbuch. Von Dr. F. Pabst. 5. Aufl. Mit B. u. 318 S. im Format 115 × 164 mm. Verlag Physik F. u. L. Pabst, Berlin-Dahlem. Preis geb. 2,40 RM.

[Aus dem Taschenbüchlein von 142 Seiten ist allmählich ein Taschenbuch von 322 Seiten geworden, in dem sich die glänzende Entwicklung der Kunststofftechnik in Deutschland lebhaft widerspiegelt. Neben vielen Ergänzungen, vor allem der wertvollen Eigenschaftstafeln, wurden in der neuen Auflage neu aufgenommen das Verzeichnis der Preßstoffhersteller, deren Erzeugnisse von dem Staatlichen Materialprüfungsamt in Berlin-Dahlem kontrolliert werden, ferner Kapitel über Schwindung, Durchbiegung, Konizitäten und Toleranzen beim Formenbau, Lager aus Kunststoffen, Melaminharz-Preßpulver, Superpolyamid-Kondensate, Fasern, ganz synthetisch aufgebaut. Ein kurzer Schrifttumsnachweis als Fußnote bei den neu aufgenommenen Kunststoffen gestattet dem Leser, sich schnell und eingehend aus den Fachzeitschriften über den betreffenden Kunststoff zu unterrichten.] *Sil.*

Berichtigung

In dem Aufsatz „Einführung zu den Änderungen an VDE 0115 Vorschriften nebst Ausführungsregeln für elektrische Bahnen" in ETZ 62 (1941) H. 14, S. 351 sind, wie der Leser schon bemerkt haben wird, die Bilder 1 und 2 mit einander zu vertauschen. Die Unterschriften bleiben stehen.

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Dr. H. A. Heß VDE, Ulm (Donau), Schadstr. 24
Dipl.-Ing. E. Roder VDE, Königsberg/Pr., Gluckstr. 4
Dipl.-Ing. W. Zschaage VDE, Oberursel (Ts.), Portstr. 17

Abschluß des Heftes: 19. April 1941.

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE (z. Z. im Felde)
G. H. Winkler VDE (z. Z. im Felde)
H. Hasse VDE und R. Henrichs VDE

Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

62. Jahrgang | Berlin, 30. April 1941 | Heft 18

Über die elektrische Verkokung

Von E. Blümel, Aachen

DK 662.7 : 621.365.3

Übersicht. Bei der elektrischen Verkokung wird zum Erreichen der für die Koksbildung erforderlichen Temperatur und Wärme die Ofenbeschickung selbst als Widerstandsheizelement benutzt. An ausgeführten Versuchsöfen werden die Beschaffenheit der Verkokungserzeugnisse, die Stromleitung und die Betriebskosten kritisch betrachtet.

1. Bisherige Veröffentlichungen und Grundlagen der elektrischen Verkokung

In den letzten Jahren wurde im deutschen Schrifttum mehrfach über die elektrische Verkokung berichtet[1]). Diese Veröffentlichungen beziehen sich fast ausschließlich auf einen amerikanischen Ofen von H. Stevens, der bei der Detroit Edison Co. in Michigan errichtet wurde[2]). Nur selten wird erwähnt, daß auch anderwärts der Gedanke der elektrischen Verkokung erwogen und zum Teil betriebsmäßig durchgeführt worden ist. Hierzu ist auf die deutschen Patente Nr. 409 341 von Röchling und Rodenhauser und Nr. 634 755 von H. Wittek sowie auf Aufsätze über Versuche in Lecco und Reggio (Italien) und in Baden (Schweiz) hinzuweisen[3]).

Der Grundgedanke besteht in allen Fällen darin, daß durch eine unmittelbare Widerstandsheizung in dem zu verkokenden Stoffe, der Kohle, die zum Verschwelen oder Verkoken erforderliche Temperatur und Wärme erzeugt werden soll. Hierfür ist wichtig, daß die rohe Kohle ein schlechter elektrischer Leiter ist, daß aber die Leitfähigkeit im Halbkoks steigt und im Vollkoks einen Höchstwert erreicht. Da der durch den Strom zum Glühen gebrachte Koks an die angrenzende Kohle Wärme durch Strahlung, Leitung und Gasströmung abgibt, werden fortschreitend alle Teile der Ofenbeschickung auf die erforderliche Temperatur gebracht, in Koks umgewandelt und damit selbst leitfähig für den Strom.

Die Art der technischen Durchführung ist am einfachsten an Hand einer schematischen Zeichnung des erwähnten amerikanischen Ofens zu erläutern (Bild 1)[2]). Der zylindrische, stehende Ofen von rd. 1,85 m Dmr. und rd. 12,2 m Höhe besitzt oben und unten gasdichte Verschlußdeckel; in ihnen sind die aus Graphit bestehenden Elektroden angebracht. Damit anfänglich ein Stromübergang stattfindet, wird achsrecht ein mit kleinkörnigem Koks gefülltes Rohr eingesetzt und der verbleibende Ofenraum mit Kohle gefüllt. Nach dem Schließen des oberen Deckels wird der Strom eingeschaltet. Die Widerstandserhitzung bringt die Kokssäule zum Glühen, wodurch auch die Temperatur der anliegenden Kohlen steigt. Diese werden zwischen 400 und 500 °C geschwelt und dann in Schwelkoks umgewandelt. Damit kann auch diese Zone durch den Strom aufgeheizt und in Vollkoks verwandelt werden; sie gibt ihrerseits Wärme an die folgende Kohle ab. So schreitet die Verkokung von innen nach außen bis zur Ofenwand fort. Der gare Koks wird schließlich durch Öffnen des Bodenverschlusses ausgetragen.

Beim Verkokungsvorgang handelt es sich nicht um ein einfaches Abdestillieren vorhandener gasförmiger Stoffe, sondern um verwickelte chemische Zersetzungsvorgänge. Dabei wird die Kohlensubstanz im Bereich der Schweltemperatur zum Erweichen bzw. zum Schmelzen gebracht. Über etwa 500 °C erstarrt die Masse zu Schwel- oder Halbkoks. Bei einer weiteren Temperatursteigerung schwindet die Masse und wird rissig; sie geht in Hochtemperatur- oder Vollkoks über. Die ausgetriebenen

a Sammelschiene zur Deckenelektrode
b Zuleitungskabel
c Deckenelektrode
d Füllöffnung
e Deckenverschluß
f feuerfeste Auskleidung
g Einführungsrohr
h Gasabsaugungsmantel
i Einsatzstück für Gasabsaugung
k Bodenverschluß
l Druckwasserstempel
m Bedienungsbühne
n Koksbehälter
o Sammelschiene für Bodenelektrode
p Erdung
q Abgasleitung
r Teerleitung
s Förderband für Koks

Bild 1. Schnitt durch den elektrischen Koksofen nach Stevens.

[1]) Thau, Glückauf 74 (1938) S. 205; Z. VDI 77 (1933) S. 335; 82 (1938) S. 150; Grahn, Kohle u. Erz 35 (1938) Sp. 53; Wöhlbier, Kohle u. Erz 36 (1939) Sp. 631, Techn. Bl. d. Dtsch. Bergwerksztg. 30 (1940) S. 79.
[2]) Referat ETZ 61 (1940) S. 764.
[3]) Monatsbull. schweiz. Ver. Gas- u. Wasserfachm. 15 (1935) S. 1, 51 (Bähr) u. 197 (Schläpfer).

Gase haben je nach dem Entstehungsstadium einen verschiedenen chemischen Aufbau. Bis zur Schwelkoksbildung entweicht die Hauptmenge von Teer, Ölen und schweren Kohlenwasserstoffen, also der wertvolleren Destillationserzeugnisse. Schon bei den mittleren, noch mehr aber bei hohen Temperaturen treten Gaszersetzungen ein, die zu einfacheren Kohlenwasserstoffen, z. B. Methan, und zu freiem Wasserstoff führen. Für den Weg der Gase im Ofen ist diejenige Zone von Bedeutung, in der die Kohle den teigigen Zustand durchläuft, die sogenannte plastische Zone; sie ist als fast gasundurchlässig anzusehen. Die hier sich bildenden Gasblasen vermögen nur schwer zu entweichen. Dadurch bleibt bei der Verfestigung ein gröber- oder feinerporiges Gefüge erhalten. Den aus dem Ofen abgeführten Gasen werden, wie üblich, die sogenannten Nebenerzeugnisse, z. B. Teer, Benzol und Ammoniak, entzogen; das Restgas steht zum Fremdabsatz zur Verfügung, da beim elektrischen Ofen kein Gas zum Beheizen benötigt wird.

Die sonst übliche Beheizung der Koksöfen mit Gas ist erst in jahrzehntelanger Entwicklung zu ihrer jetzigen Vollkommenheit gebracht worden. Die dazu erforderlichen Einrichtungen sind ziemlich verwickelt, das Überwachen und Regeln verlangt viel Sorgfalt. Demgegenüber erscheint die elektrische Beheizung einfacher, weil nur zwei Elektroden vorhanden zu sein brauchen und der zu verarbeitende Rohstoff selbst den Heizleiter bildet, der immer wieder erneuert wird. Auch das Regeln der Heizung scheint unschwer durchführbar zu sein, da es nur auf ein Beherrschen von Stromstärke und Spannung ankommen müßte. Man kann deshalb fragen, warum die elektrische Verkokung nicht schon weitere Verbreitung gefunden hat. Aus den folgenden Untersuchungen gehen aber die bisherigen Schwierigkeiten der elektrischen Verkokung hervor.

2. Beschaffenheit der Verkokungserzeugnisse des elektrischen Koksofens

Zunächst muß auch beim elektrischen Ofen eine einwandfreie Beschaffenheit des Kokses und der Nebenerzeugnisse gewährleistet werden. In manchen Veröffentlichungen wird zwar gesagt, die Koksgüte lasse nichts zu wünschen übrig. Die wenigen greifbaren Angaben gestatten aber keinen eindeutigen Vergleich mit unseren deutschen Verhältnissen. Man muß vielmehr annehmen, daß bei den amerikanischen Öfen nicht an die Erzeugung von Hüttenkoks gedacht wird, sondern von Heizungskoks, an den geringere Anforderungen gestellt werden. Bei der nach außen fortschreitenden Verkokung treten durch das Schwinden radiale Risse in zunehmender Zahl auf; es kann daher nicht zur Ausbildung eines langstengligen, grobstückigen Kokses kommen.

Sodann wird behauptet, daß bei der elektrischen Verkokung ölige, also wertvollere Nebenerzeugnisse in größerer Menge anfielen. Die mitgeteilten Zahlen über die Gaszusammensetzung sind jedoch nicht beweisend. Die Gase der Außenzone kommen zwar auf dem Wege zur Ofenwand nur mit der kühleren Kohle in Berührung, wodurch ihr Zersetzen vermieden wird. Die Gase der Innenzone müssen aber wegen der Gasundurchlässigkeit der plastischen Zone in dem glühenden Koks aufsteigen und unter der heißen Ofendecke in die Außenzone eindringen, ehe sie die Abzugöffnungen erreichen. Die Gaszusammensetzung deutet auf ein Mischen derartiger verschiedener Gasarten hin, wie bereits an anderer Stelle erörtert wurde[4]).

Ferner wird behauptet, das Fortschreiten der Verkokung in radialer Richtung, die Verkokungsgeschwindigkeit, lasse sich beim Stevens-Ofen zwischen 6 und 150 mm/h einstellen und sogar während der Garungszeit ändern, ohne daß die Güte des Kokses oder der Nebenerzeugnisse beeinträchtigt würde. Das letztere erscheint nach den Erfahrungen, die man beim üblichen gasbeheizten Koksofen beim Drosseln bzw. Beschleunigen der Verkokung machen muß, als wenig glaubhaft.

Die Verkokungserzeugnisse des elektrischen Koksofens lassen demnach keine Vorteile erkennen; ferner ist noch nicht geklärt, ob auf diese Weise ein guter Hüttenkoks hergestellt werden kann.

3. Beherrschen der Stromleitung beim elektrischen Verkoken

Auch auf elektrotechnischem Gebiete bedürfen einige Fragen einer weiteren Klärung. Ein wesentlicher Punkt ist, daß sich der Stromweg im Ofen nicht fest begrenzen läßt. Aufschlußreich sind in dieser Beziehung Mitteilungen[5]) über einen anderen amerikanischen Elektrokoksofen, den TVA-Ofen. Bei einem mit Wechselstrom betriebenen Versuchsofen waren die beiden Elektroden einander gegenüber in den Ofenwänden angeordnet, und der Strom sollte durch die dazwischen befindliche verkokende Kohle gehen. Nach kürzerer oder längerer Zeit entstand aber immer ein Überbrücken des die Elektroden trennenden Mauerwerks durch Kriechströme, so daß ein starkes Erglühen der Steine und des Ofenmantels zu befürchten war. Die Elektrodenanordnung wurde wiederholt umgebaut, und bisweilen wurden auch Betriebszeiten bis zu 92 h ohne Störungen erreicht. Die Verfasser gestehen aber, daß trotzdem das Problem nicht gelöst war.

a Deckenelektrode
b Sammelschienen
c Elektrodenhalterung
d oberer Gasauslaß
e Kohlenzufuhrrutsche
f Kohlenfüllkanäle
g Reinigungsöffnungen
h Kontrollöffnungen
i Kohlenringelektrode
k Betonmantel
l Kohlenstoffsteine
m Schamottesteine
n unterer Gasauslaß
o Kokszerkleinerer
p Koksaustrag

Bild 2. TVA-Ofen mit Mantelelektrode.

Deshalb mußten sie zu einer anderen Elektrodenanordnung übergehen. Dieser Ofen (Bild 2) hat 1,22 m Dmr. und 7,32 m Höhe. Der TVA-Ofen wird im Gegensatz zum Stevens-Ofen ununterbrochen betrieben, d. h. regelmäßig wird oben Kohle aufgegeben und unten fertiger Koks abgezogen. Die eine Elektrode aus Graphit taucht, isoliert durch den Ofendeckel geführt, in die Kohle ein, die andere Elektrode wird durch das Ofenfutter gebildet, das bis dicht über dem Boden aus Kohlenstoffsteinen besteht. Die große senkrechte Strecke erwies sich als notwendig, weil ein kürzeres Futter im unteren Teil überhitzt wurde. Die Verfasser nehmen an, daß der Strom von der Mittelelektrode nicht auf dem kürzesten, radialen Wege zur Ofenwand geht, sondern erst einem Kokskern folgt, der sich in der Ofenachse bildet, und dadurch wesentlich tiefer die Wandelektrode erreicht.

Es ist verständlich, daß im obersten Teil in der schlecht leitenden Kohle ein Stromübergang nicht zu-

[4]) Glückauf 76 (1940) S. 337.

[5]) Curtis, Stitzer u. Darby, Industr. Engng. Chem. 32 (1940) S. 757.

stande kommt. Wenn bei der zu kurzen Mantelelektrode im unteren Teil ein Überhitzen auftrat, so muß hier die Stromdichte besonders groß gewesen sein. Durch das Tieferziehen konnte der Übelstand nur deswegen behoben werden, weil der nunmehr verfügbare Querschnitt die Stromdichte in angemessenen Grenzen hielt. Im Endergebnis läßt sich folgern, daß die Stromleitung hauptsächlich in den fertig verkokten Gebieten vor sich geht, und daß die Zone des Halbkokses, da sie gewissermaßen einen parallelgeschalteten schlechteren Leiter darstellt, vom Strom weniger durchflossen wird; denn im Halbkoks kann ein Überhitzen auf über etwa 1000 ° C nicht auftreten.

Beim Stromdurchgang ist die Wirkung auf die Temperatur und auf die Wärmeentwicklung zu unterscheiden. In einem Leiter von bestimmtem Querschnitt ruft der Stromdurchgang eine gewisse Temperatur hervor; sie läßt sich durch Stromstärke und Spannung regeln. Im Ofeninhalt ist aber der Leitungsquerschnitt nicht einheitlich; besser und schlechter leitende Zonen sind eng miteinander verknüpft. Man kann auch nicht dadurch einen geschlossenen Stromweg schaffen, daß man den Elektroden bestimmte Querschnitte und Anordnungen gibt, wie sich aus den erwähnten Beobachtungen an den gegenüberliegenden und den zu kurzen Elektroden ergibt. Durch das Tieferziehen der Mantelelektrode hat man im Grunde genommen die Stromverteilung nur in der Übertrittsfläche zwischen Futter und Einsatz beeinflussen können, jedoch nicht in der Ofenbeschickung selbst. Mit diesem Mittel kann man daher die Temperaturen in bestimmten Zonen nicht scharf einstellen.

Das wäre aber schon in dem Falle erforderlich, wenn die Verkokung gleichmäßig ablaufen soll. Noch schärfer müßte diese Forderung erfüllt werden, wenn die Verkokungsgeschwindigkeit zwischen 6 und 150 mm/h wechseln sollte. Bei dem kleinsten Werte brauchte die aufgeheizte leitende Zone zwar nur kleine Wärmemengen abzugeben; dabei müßte aber eine zur Koksbildung ausreichende Mindesttemperatur von etwa 900 bis 1000 ° C erreicht werden. Beides wird sich gleichzeitig infolge der unscharfen Begrenzung der leitenden Zonen schwerlich einregeln lassen.

Auch die obere Grenze von 150 mm/h ist unsicher. Beim Stevens-Ofen errechnet sich eine mittlere Verkokungsgeschwindigkeit von 30 bis 35 mm/h; für den gasbeheizten Ofen werden 12 bis 40 mm/h angegeben. Ein Heraufsetzen auf 150 mm/h würde ein Überhitzen des garen Kokses bringen. Trotzdem würde das keine entsprechend schnelle Temperatursteigerung in der unverkokten Kohle zur Folge haben, denn in ihr kann die Aufheizung bis über die Schweltemperatur wie im üblichen Ofen nur durch Wärmeleitung und Gasbewegung erzielt werden. Die Wärmeleitfähigkeit von Kohle und Koks ist aber niedrig, und die aus garem Koks freiwerdenden Gasmengen sind im Verhältnis gering. Wegen der Abhängigkeit der Verkokungsgeschwindigkeit von der Wärmeleitfähigkeit der Kohle erscheint deshalb auch der Wert von 150 mm/h als zweifelhaft.

In dem geschlossenen Ofen entziehen sich die Vorgänge der unmittelbaren Beobachtung. Wenn man die Verkokungsgeschwindigkeit von 6 bis 150 mm in der Stunde berücksichtigt, so bedarf es wohl keiner weiteren Erörterung, daß Temperaturmessungen an vereinzelten Punkten des Ofeninhaltes schon bei geringen Abweichungen in der Lage der Meßpunkte merkliche Fehler ergeben, auf keinen Fall aber die Grundlage für eine Regelung der Beheizung zu liefern vermögen.

Auch für ein Beeinflussen der Wärmemengen fehlt es an einer unmittelbaren Beobachtung. Bei einem Ändern der Spannung ist nicht damit zu rechnen, daß sich Leistungsaufnahme und Wärmeentwicklung in den Halbkoks- und Vollkokszonen proportional verschieben. Beim Stevens-Ofen vergrößert sich, da die Verkokung radial fortschreitet, die stromleitende Fläche nach einer quadratischen Funktion. Der innere Querschnitt besteht aber aus Ringzonen von dichtem und mehr oder weniger rissigem Koks; wie hierdurch die Leitfähigkeit beeinflußt wird, ist noch nicht geklärt.

Beim Stevens-Ofen werden als Grenzen der Spannung 75 und 400 bzw. 600 V angegeben. Wenn anfänglich der Stromdurchgang durch die innere Kokssäule stattfindet, muß eine höhere Spannung angelegt werden; sie ist entsprechend zu verringern, wenn sich aus der Kohle ein geschlossener Leiter aus Koks gebildet hat. Über den TVA-Ofen wird gesagt, die Spannung könne zwischen 75 und 600 V verändert werden, das sei aber mehr, als tatsächlich erforderlich sei. Für den regelmäßigen Betrieb wird mit einer Spannung von 165 V gerechnet. Während sich beim Stevens-Ofen die Leistungsaufnahme etwa quadratisch verstärken müßte, wäre es bei dem stetig betriebenen TVA-Ofen zu erwarten, daß sich im Dauerbetrieb in bestimmten Höhenlagen immer der gleiche Verkokungszustand einhalten ließe. Die Erbauer dieses Ofens müssen aber vorsehen, daß zeitweise, wenn die Widerstände im Ofen zu hoch werden, oben in den Ofen ein Kohle-Koks-Gemisch von besserer Leitfähigkeit aufzugeben ist. Das bedeutet, daß die leitende Zone nicht dauernd in einer bestimmten Lage gehalten werden kann, und weiter, daß unvermeidliche Unregelmäßigkeiten auftreten müssen, denen man nicht ohne weiteres mit einer Änderung der Spannung oder Stromstärke begegnen kann.

Solche Unregelmäßigkeiten können verschiedene Ursachen haben. Beim TVA-Ofen ist der Einsatz zwar in Bewegung, aber nicht in gleichmäßigem Flusse, weil die Aufgabe satzweise geschieht; die Oberfläche der Beschickung schwankt zwischen einer höheren und einer tieferen Marke. Dadurch ergibt sich eine unregelmäßige Schüttung hauptsächlich in radialer Richtung, also auf dem Wege des Stromes. Auch beim Stevens-Ofen muß die Schüttung in radialer Richtung verschieden ausfallen, weil von einer mittleren Öffnung im Ofendeckel aus gefüllt wird. Infolge der großen Höhe muß ferner das Schüttgewicht der Einsatzkohle von oben nach unten stark zunehmen, auch der daraus entstehende Koks muß von oben nach unten dichter werden. Zum Verkoken ist daher, bezogen auf das gleiche Ofenvolumen, unten mehr Wärme zu entwickeln als oben; ein Beeinflussen der Stromverteilung in diesem Sinne scheint aber nicht möglich zu sein. Im Gegenteil wird durch die aufsteigenden heißen Gase den oberen Teilen zusätzlich Wärme zugeführt. Beim TVA-Ofen kann sich infolge der dauernden Bewegung kein zusammenhängender grobstückiger Koks bilden, der Stromübergang findet daher an den Berührungspunkten der Kokskörner statt, und ihre Zahl und Anordnung wird stets unregelmäßig sein. Schließlich hängt die Koksbildung auch von dem Anteil und der Verteilung der Gefügebestandteile an Glanz-, Matt- und Faserkohle sowie von dem Aschen- und Wassergehalt ab; hieraus können sich weitere Unterschiede in der Verkokungsgeschwindigkeit ergeben. Durch verschiedene Ursachen weist also die elektrische Leitfähigkeit örtlich und zeitlich Abweichungen auf.

Bei verschiedenen Bauarten der gasbeheizten Koksöfen kann man in die Heizzüge unmittelbar hineinsehen und den Beheizungszustand überwachen und einregeln. Beim elektrischen Ofen ist durch Strom- und Spannungsmesser eine Unregelmäßigkeit zwar an sich leicht feststellbar, aber infolge der nicht festbegrenzten Stromwege im Ofen ist der Ort und der Umfang der Störung nicht zu ermitteln, und ein Beeinflussen gerade solcher Zonen erscheint nicht möglich.

Abschließend kann man feststellen, daß sich die Stromleitung nicht so beherrschen läßt, daß bestimmte Veränderungen des Verkokungsvorganges in beliebigem Wechsel erzwungen werden können. Der Grund liegt im wesentlichen darin, daß der Stromweg nicht fest begrenzt ist. Besonders bei großen Ofeneinheiten wird der Strom

viele Möglichkeiten haben, sich entsprechend den unregelmäßigen Widerständen zu verteilen. Am günstigsten erscheint es, einen gleichmäßigen Betriebszustand anzustreben, bei dem Spannung und Stromstärke auf einem mittleren Werte gehalten werden können. Das würde den Einsatz einer gleichmäßig gemischten, feinkörnigen Kohle erfordern.

4. Vergleich der Betriebskosten

Die bisher erwähnten technischen Schwierigkeiten würde man bei einem regelmäßigen Betriebsablauf wohl bis zu einem gewissen Grade einschränken können. Man brauchte nicht gerade Koks und Nebenerzeugnisse von besonders hohem Wert erzeugen zu wollen, nur müßte eine gleichmäßige Beschaffenheit gewährleistet sein. Ebenso wäre es nicht notwendig, die Vorgänge im Ofen bis ins einzelne zu überwachen und zu regeln, wenn nur eine gleichbleibende Verkokung durchführbar wäre. Darüber hinaus müßte aber die entscheidende Bedingung erfüllt werden, daß die Kosten der elektrischen Verkokung einen Wettbewerb mit den gasbeheizten Koks- und Gaswerksöfen zuließen.

Die bisher veröffentlichten Anlage- und Betriebskosten beruhen auf den Ergebnissen von Versuchsanlagen, selbst die des 30-t-Ofens von Stevens können noch nicht als endgültig angesehen werden. Außerdem sind amerikanische, schweizerische und italienische Kostenangaben nicht ohne weiteres auf deutsche wirtschaftliche Verhältnisse übertragbar.

Einen wichtigen Posten der Betriebskosten machen die Stromkosten aus. Um sie niedrig zu halten, will man nach den amerikanischen Aufsätzen zum Beheizen Überschußenergie eines Elektrizitätswerkes benutzen. Auf diese Weise soll beim Kraftwerk die Belastung gleichmäßig gehalten werden; das soll nach Walker[6]) beim Stevens-Ofen tatsächlich erreicht werden. Für die Betriebsverhältnisse des einen Versuchsofens kann das aber nicht zutreffen. Er hatte einen Durchsatz von 30 t in 24 h, dafür war ein einziger Transformator von 850 kVA vorgesehen. Das Elektrizitätswerk versorgt aber ein Gebiet von 2 275 000 Einwohnern, und das damit verbundene Gaswerk erzeugte täglich 34 000 m³ Gas. Der Stevens-Ofen brachte nur rd. 300 m³ Gas je t Kohle aus, er konnte also noch nicht ein Drittel der Gaslieferung übernehmen.

Der TVA-Versuchsofen hatte ebenfalls einen Transformator von 850 kVA; für den endgültigen Ausbau mit mehreren Öfen wurden Einzeltransformatoren der drei Phasen zu je 750 kVA je Ofen vorgesehen. Das stromliefernde Tennessee-Kraftwerk am Wilson-Damm hat eine so hohe Leistung, daß hier nicht an einen Spitzenausgleich durch eine zentrale Kokereianlage mit elektrischen Öfen gedacht wird; vielmehr wird vorgeschlagen, daß die Städte im Tennesseetal TVA-Primärstrom abnehmen und in ihren städtischen Gaswerken Elektroöfen zum örtlichen Spitzenausgleich aufstellen sollen.

Theoretisch ist die Möglichkeit eines Ausgleichs denkbar. Die Größe einer solchen Ofenanlage müßte aber auf der einen Seite nach dem erreichbaren Gasabsatz, auf der anderen Seite nach dem Ungleichförmigkeitsgrade des Kraftwerks bemessen werden. Beides wird kaum so übereinstimmen, daß ein völliger Ausgleich der Stromspitzen möglich ist. In vielen Fällen könnte schon ein beschränkter Ausgleich der Tiefpunkte der Lastkurve von wirtschaftlichem Vorteil sein, dann müßte aber der Betrieb der Elektroöfen vollständig der Belastung des Kraftwerks angepaßt werden.

Wenn in manchen Aufsätzen behauptet wird, der Betrieb der elektrischen Öfen lasse sich beliebig unterbrechen und wiederaufnehmen, ohne daß der Ofen litte und die Güte der Erzeugnisse beeinträchtigt würde, so widersprechen dem alle Erfahrungen an den üblichen Öfen.

[6]) Gas World 96 (1932) S. 697.

Für jede Kohle gibt es eine günstigste Temperatursteigerung, mit der die Vor- und Hauptentgasungsperiode durchlaufen werden muß, sonst werden alle Erzeugnisse verschlechtert. Ein Koksofen ist kein Speicherkraftwerk, bei dem die Pumpen zum Zurückheben von Wasser in den Sperrenraum nach Bedarf, d. h. nach der Belastungskurve des Netzes, in beliebigem Wechsel an- und abgestellt werden können. Will man Koks, Gas und Nebenerzeugnisse von gleichmäßiger Güte erhalten — und darin liegt die Aufgabe eines Koks- oder Schwelofens —, dann muß man bei der Verkokungsgeschwindigkeit ein bestimmtes Maß einhalten.

Ein Ausgleich wäre vielleicht dadurch zu erzielen, daß kleine Öfen mit einer so kurzen Garungszeit vorgesehen würden, daß hiermit die Zeiten der Minderbelastung des Kraftwerks überbrückt würden; dann könnte man natürlich keine Öfen mit ununterbrochener Betriebsweise benutzen. Bei einer großen Zahl von kleinen Öfen würde sich ein verwickelter Gaswerksbetrieb ergeben, zumal die Zeiten der Höchst- und Minderbelastung des Kraftwerks wöchentlich und jahreszeitlich einem stärkeren Wechsel unterworfen sind. Die Kurve des Gasabsatzes verläuft zudem nicht durchweg gegenläufig zu derjenigen des Stromabsatzes. Eine Gasspeicherung ließe sich daher in keinem Falle vermeiden.

Von einer anderen Möglichkeit, nämlich den Stromverbrauch der Ofenanlage als eine dauernde Grundbelastung des Kraftwerks zu betrachten, wird nur in dem Aufsatz von Bähr[3]) gesprochen. Die Zweckmäßigkeit einer solchen Maßnahme würde sich nach den örtlichen Verhältnissen richten. Für größere Kraftwerke würden in diesem Falle nur umfangreiche Ofenanlagen von Nutzen sein.

Die Vergleichsfähigkeit der ausländischen Zahlenangaben über die Stromkosten ist mäßig. So werden für den Arbeitsverbrauch in kWh, bezogen auf 1 t zu verkokende Kohle, 350, 392, 433 und 488 kWh/t genannt. Ähnliche Unterschiede finden sich bei den auf 1 m³ erzeugtes Gas bezogenen Angaben, nämlich 0,95, 1,24, 1,27, 1,31 und 1,40 kWh/m³. Ein Grund dafür kann darin liegen, daß es bei den amerikanischen Angaben nicht immer ersichtlich ist, ob die short ton mit 907 kg oder die long ton von 1016 kg gemeint ist, bei den deutschen Berichten dagegen, ob bereits eine Umrechnung auf die metrische Tonne von 1000 kg erfolgt ist. Sodann ist auch die Gasmenge als Bezugsgröße nicht eindeutig. Wenn auch mitunter das Koksausbringen angeführt wird, z. B. 60, 63,6, 70, 73 und 75,6 %, so sind doch die Gasausbeuten von 283, 309, 371, 381 und 456 m³/t Kohle damit kaum in Einklang zu bringen. Nur bei der letzten Zahl ist die Beimischung von Wassergas deutlich. Für die Einsatzkohlen des Stevens- und des TVA-Ofens werden fast gleich hohe Gehalte an flüchtigen Bestandteilen, nämlich 36,0 bzw. 36,9 %, genannt; bei den schweizerischen und den italienischen Kohlen liegen die Gehalte wohl tiefer. Es bleibt aber unklar, ob die Gasausbeuten auf trockene oder feuchte Kohle bezogen sind. Bei amerikanischen Kohlen würde man den Feuchtigkeitsgehalt mit 2 bis 5 % (beim Stevens-Ofen werden 1,5 % angegeben), bei deutschen mit 8 bis 12 % annehmen können. Schließlich ist auch der Restgehalt an flüchtigen Bestandteilen im Koks zu berücksichtigen; er soll beim Stevens-Ofen 3,2, beim TVA-Ofen 11,5 % betragen. Diese Zahlen und die Hinweise auf die leichte Entzündbarkeit stellen diese Erzeugnisse dem Schwelkoks näher als dem Vollkoks.

Die Zahlen stammen außerdem aus Versuchsbetrieben; sie geben also nur einen Anhalt über die Größenordnung. Für den Arbeitsverbrauch könnte man demnach im Mittel etwa 400 kWh/1000 kg eingesetzte Kohle annehmen. Die Angabe von 50 kWh/t in dem Patent von Wittek erscheint somit als nicht vergleichbar; auch die Schätzung von 100 bis 150 kWh/t (gemäß einer brieflichen Mit-

teilung) dürfte, gemessen an den Feststellungen bei den großen amerikanischen Öfen, noch zu niedrig sein.

Setzt man wie Durrer[7]) den Heizwert von 1 kg Kohle etwa dem von 8 kWh gleich, so ergibt sich beim elektrischen Verkoken ein Wärmeaufwand von 0,4 kWh/kg Kohle $\approx$ 350 kcal/kg Kohle. Bei gasbeheizten Öfen sind, bezogen auf wasserfreie Kohle, bereits 380 kcal/kg erreicht worden, im Durchschnitt rechnet man mit 400 kcal/kg. Infolge des höheren Wassergehaltes unserer Kokskohle steigt der Wärmeverbrauch über 500 kcal/kg feuchte Kohle; eine ähnliche Steigerung würde sich aber auch beim Elektroofen ergeben, wenn so feuchte Kohle verarbeitet wird. Demnach erscheint der Vorsprung des Elektroofens beim Wärmebedarf nicht so bedeutend, wie man zunächst annehmen möchte. Wenn außerdem der Strom in einem Kraftwerk mit Dampfantrieb erzeugt werden müßte, dann würde der Wärmeaufwand, einmal berechnet über den Kohlenverbrauch des Kraftwerks, zum andern über den durch Gas oder Koks gedeckten Unterfeuerungsbedarf, bei den Elektroöfen höher ausfallen als bei den üblichen Öfen.

Für die Wirtschaftlichkeit würden aber wohl die Preise für 1 kWh bzw. für 1 kcal eine richtigere Vergleichsgrundlage geben, jedoch müßten die örtlichen Gegebenheiten berücksichtigt werden. Einige der in den Aufsätzen genannten Zahlen sind immerhin lehrreich. So gibt Wöhlbier[1]) den Preis für 1 kWh zu 0,226 ct, die Stromkosten demgemäß mit 0,79 $/t Kohle an. Gleichzeitig wird als Verkaufspreis für das von Öl befreite Gas 1 $-ct/m³ genannt. Im deutschen Kokereibetriebe rechnet man mit einer durchschnittlichen Gasausbeute von 300 m³/t (für den Stevens-Ofen werden 283 bzw. 309 m³/t angegeben); davon werden bei der Heizung mit Koksgas etwa 40 % = 120 m³/t verbraucht. Mit einem Verkaufspreise von 1 ct würden sich die Kosten einer Gasheizung auf 1,20 $/t, also wesentlich höher als die Stromkosten von 0,79 $ stellen. Für den Selbstverbrauch würde man aber einen niedrigeren Verrechnungspreis einzusetzen haben. Hierdurch oder durch eine Ofenheizung mit selbsterzeugtem Generatorgas würden die Heizgaskosten wahrscheinlich den Stromkosten viel näher kommen.

Beim TVA-Ofen wird der Preis für 1 kWh zu 0,4 ct angenommen, es wird aber gesagt, daß die Städte im Tennessee-Tal, die gleichzeitig Elektrizitäts- und Gaswerke betreiben, vom TVA-Kraftwerk Spitzenausgleichstrom zu 0,2 ct/kWh beziehen können. Das entspricht dem beim Stevens-Ofen genannten Preise. Die Gaserzeugungskosten werden für eine Anlage mit 3 TVA-Öfen zu 0,886, bei 6 Öfen zu 0,71 ct/m³ Gas errechnet. Nimmt man für die Unterfeuerung wieder 40 % der Gasausbeute von 456 m³/t Kohle = 182,5 m³, so würden sich für gasbeheizte Öfen Heizgaskosten von 1,62 bzw. 1,30 $/t Kohle ergeben. Dem würden bei einem Stromverbrauch von 433 kWh/t und einem Strompreis von 0,4 bzw. 0,2 ct/kWh Stromkosten von 1,73 bzw. 0,87 $/t Kohle entsprechen. Die Kosten überschneiden sich also je nach den Annahmen.

Bähr[3]) stellt auf Grund der Versuche in Baden (Schweiz) und Reggio (Italien) einen Vergleich an, bei dem aber der Stromaufwand (488 kWh/t Kohle) und der Unterfeuerungsbedarf (180 kg Koks/t Kohle) zu hoch erscheinen. Bähr hält einen Vorteil der elektrischen Heizung für gegeben, wenn der Preis für 1 kWh niedriger als 23 bzw. 30 % des Preises für 1 kg Koks ist. Wenn es sich hier auch um Gaskoks handelt, so ist es doch überraschend, daß Durrer[7]) zu einem ähnlichen Ergebnis für den Elektro-Eisenhochofen gegenüber dem Blashochofen kommt, nämlich daß der Preis von 1 kWh nur etwa 1/5 des Preises von 1 kg Koks betragen darf, wenn die Verfahren wirtschaftlich gleichwertig sein sollen. Aus den erwähnten Zahlen ist zu entnehmen, daß eine unbedingte Überlegenheit des Elektro-Koksofens auch bezüglich der Kosten für die Heizmittel, Strom bzw. Brennstoff, nicht gegeben ist.

[7]) ETZ 61 (1940) S. 1068.

Ein Vergleich der sonstigen Betriebskosten steht in noch stärkerer Abhängigkeit von örtlichen Verhältnissen. In manchen Rechnungen scheinen auch wesentliche Einzelposten nicht genügend berücksichtigt zu sein. So gibt die sorgfältige Zusammenstellung über den TVA-Ofen[5]) für den Verbrauch an Graphitelektroden den beachtlichen Betrag von 25 ct/t Kohle an, während Wöhlbier[1]) und Grahn[1]) sagen, die Abnutzung der Ofenauskleidung und der Elektroden sei praktisch gleich Null. Beim Stevens-Ofen muß gerade das feuerfeste Ofenfutter stark beansprucht werden, wie ich bereits an anderer Stelle[4]) erörtert habe. Die Kosten für Löhne und Aufsicht werden bei Anlagen gleicher Leistung vergleichbar sein, doch müssen sich bei Elektroöfen, deren Betrieb ganz auf die Lastkurven eines Kraftwerks abgestellt wird, höhere Bedienungskosten ergeben als bei einem gleichmäßigen Betrieb.

Nach Bähr[3]) sind die Versuche mit dem Stevens-Ofen wegen des Wettbewerbs von Naturgas aufgegeben worden, nach Curtis[5]) ist auch keine weitere Anlage nach diesem Verfahren erbaut worden. Ob eher TVA-Öfen errichtet werden würden, kann füglich bezweifelt werden.

Abschließend läßt sich also folgern, daß sowohl bezüglich des Wärmeaufwandes als auch der Heizmittelkosten überwiegende Vorteile des Elektroofens nicht zu erkennen sind. Beim Kapitaldienst und anderen Betriebskosten mag der Elektroofen etwas besser abschneiden, ein solcher Vorteil kann aber verloren gehen, wenn die Arbeitsweise auf die Belastungskurven eines Kraftwerks abgestimmt werden muß.

Zusammenfassung

An ausgeführten Versuchsöfen zum elektrischen Verkoken von Kohle wird die Arbeitsweise erläutert. Von grundlegender Bedeutung ist, daß die elektrische Leitfähigkeit der Kohle gering ist, daß sie aber mit dem Übergange der Kohle in Halbkoks und Vollkoks steigt.

Bezüglich der Verkokungserzeugnisse an Koks, Gas und Nebenerzeugnissen bietet der Elektrokoksofen keine Vorteile; beim Koks ist noch ungeklärt, ob ein guter Hüttenkoks hergestellt werden kann.

Der Stromdurchgang durch die Ofenbeschickung läßt sich nicht beliebig lenken, weil Zonen mit besserer (Vollkoks) und schlechterer (Halbkoks) Leitfähigkeit in allmählichem Übergang miteinander verknüpft sind. Auch Unregelmäßigkeiten in der Verteilung der Widerstände sind nicht zu vermeiden. Durch Ändern von Stromstärke und Spannung kann man die erforderliche Temperatur und Wärme in bestimmten Zonen der Beschickung nicht beliebig beeinflussen. Das Einhalten eines gleichmäßigen Betriebsablaufes erscheint noch am günstigsten.

Ein Vergleich des Wärmebedarfes und der Kosten für die Heizmittel, elektrische Energie bzw. Gas oder Koks, läßt entscheidende Vorteile der Elektroöfen nicht erkennen. Kapitaldienst und andere Betriebskosten liegen beim Elektroofen vielleicht etwas günstiger, doch sind die bisher nur von Versuchsöfen vorliegenden Zahlen noch nicht voll beweisend.

Der Arbeitsplatz des Schwerbeschädigten

Von E. Cunit VDE, Hannover

DK 621.3 : 355.29 : 658.514

Übersicht. In der jetzigen Kriegszeit und nach Beendigung des Krieges ist der Einsatz Schwerbeschädigter von besonderer Bedeutung. An Musterbeispielen wird dargelegt, wie der Schwerbeschädigte, insbesondere in der Elektroindustrie, wieder als Facharbeiter einen Arbeitsplatz erhalten kann. Hauptsächlich muß sich der Ingenieur im Betrieb dieser Aufgabe widmen.

Bisherige Schwerbeschädigtenfürsorge

Nach dem Ende früherer Kriege hörte man in manchen Straßen der Städte die Drehorgel spielen. Jahrzehntelang war dies festzustellen; die Bettelmusikanten waren Kriegsbeschädigte, denen der Staat einen Leierkasten geschenkt hatte, damit sie ihren Lebensunterhalt durch die mitleiderregenden Klänge der Musik sammeln konnten. In das Los eines derartigen Menschen, der seine kostbaren Glieder dem Vaterlande opferte und nun statt der früheren Facharbeit Tag für Tag die Klänge seines Leierkastens hört und die Pfennige in die Mütze fallen sieht, kann man sich heutzutage nur schwer hineindenken.

Nach dem Weltkrieg 1918 war die Versorgung der Kriegsbeschädigten schon in ein fortgeschritteneres Stadium getreten. Man versuchte, ihnen wieder einen Arbeitsplatz zu geben. Aber in vielen Fällen waren es Tätigkeiten, die sonst von ungelernten Leuten ausgeführt wurden, wobei keinerlei besondere Kenntnisse und Fertigkeiten erforderlich waren oder entwickelt werden konnten. So findet man noch jetzt viele Schwerbeschädigte aus dem Weltkriege als Boten, Pförtner, Wächter, Hausmeister und dgl. in der gesamten Industrie, und zwar sind es oft Männer, die früher hochwertige Facharbeiter waren. Nur einem Teil der Kriegsbeschädigten war es vergönnt, wieder an ihre oder eine andere Facharbeit heranzukommen und sie zu meistern.

Wenn vorstehend von den Kriegsbeschädigten gesprochen wurde, so sollen damit die Schwerbeschädigten als Opfer der Arbeit nicht vergessen oder hintangestellt sein. Auch für diese sowie für alle Schwerbeschädigten überhaupt gilt das gleiche. Opfer der Arbeit hat es allezeit gegeben, und sie werden trotz weitgehender Fortschritte in der Unfallverhütung nicht vollkommen zu vermeiden sein, weder im Krieg noch im Frieden. Daher muß für alle Verunglückten gesorgt werden.

Einsatz Schwerbeschädigter in der Elektroindustrie

Hier sollen nun einige technische Betrachtungen über den Einsatz Schwerbeschädigter unter besonderer Berücksichtigung der Elektroindustrie und der Elektrizitätswirtschaft gegeben werden. Ein Schwerbeschädigter ist nicht allein dadurch zufriedenzustellen, daß er einen auskömmlichen Lebensunterhalt verdient. Die Art der Arbeit spielt eine große Rolle bei ihm; er muß Freude an dem haben, was er schafft. Dies gilt für den Elektrofacharbeiter ganz besonders; denn das Fachgebiet der Elektrotechnik ist eine große geschlossene Einheit, bei der ein Hin- und Herwechseln der Arbeitskräfte aus anderen Fachgebieten selten vorkommt. Aber gerade die Elektrotechnik bietet zahlreiche Möglichkeiten, den schwerbeschädigten Facharbeiter wieder in Berufspflichten einzureihen. Daher beschäftigte die Elektroindustrie seit jeher Schwerbeschädigte als Facharbeiter und brauchte ihnen Arbeitsplätze als Pförtner, Boten und dgl. kaum anzuweisen.

Nicht jeder Schwerbeschädigte kann wieder die gleiche Arbeit verrichten wie zuvor. Oft gestattet dies die Art seiner Verletzung gar nicht. Ein Freileitungsmonteur, der ein Bein verloren hat, kann diese Tätigkeit nicht wieder aufnehmen. Aber durch entsprechendes Umschulen ist er wohl als Bedienungsmann an der Schalttafel, im Prüffeld oder anderswo vollwertig einzusetzen. In erster Linie ist es Aufgabe der Ingenieure, dafür zu sorgen, daß der Schwerbeschädigte einen zweckentsprechenden Arbeitsplatz bekommt. Schon immer widmete der Ingenieur sich dieser Aufgabe; jedoch ergeht an ihn jetzt der Ruf, sich für die Unterbringung der Schwerbeschädigten besonders einzusetzen. Nur der Ingenieur kann nämlich richtig beurteilen, welche Handgriffe bei der einzelnen Arbeit erforderlich sind, welche Teile des menschlichen Körpers dazu gebraucht und besonders angestrengt werden. Auch muß dafür gesorgt werden, daß der Schwerbeschädigte nicht an eine Arbeit gestellt wird, bei der er infolge seines Körperschadens besonderer Gefahr ausgesetzt ist. Oft ist es notwendig, an der von ihm bedienten Maschine einen besonderen Schutz anzubringen, den der gesunde Mensch nicht braucht. Als wichtig sei erwähnt, daß oft durch besondere Hilfsmittel, wie eigens konstruierte Armprothesen, dem Schwerbeschädigten die Arbeit erleichtert und manchmal sogar erst ermöglicht wird.

Um nun für die Auswahl des Arbeitsplatzes eines Schwerbeschädigten sowohl dem Ingenieur als auch dem Beschädigten selbst eine Grundlage zu geben, haben die technischen Aufsichtsbeamten der Berufsgenossenschaften, die zum Verband der Eisen- und Metallberufsgenossenschaften zusammengeschlossen sind, im Jahre 1940 nach **Arbeitsplätzen von Schwerbeschädigten** geforscht und eine große Anzahl von Musterbeispielen gesammelt[1]). Nachfolgend werden einige Musterbeispiele aus dem Fachgebiet der Elektrotechnik angegeben.

Arbeitsplätze Schwerbeschädigter

Ein Elektromeister erlitt durch einen Betriebsunfall eine schwere Beinbeschädigung mit zwei Knochenbrüchen am rechten Unterschenkel, Verkürzung um 1½ cm und X-Stellung des Beines. Da er keinen Außendienst mehr ausüben kann, wird er bei einem Elektrizitätswerk im Prüfraum für Schutzschalter beschäftigt. Bei normaler Arbeitszeit ist seine Leistung befriedigend; sein Verdienst entspricht dem eines Gesunden. Den Weg zur Arbeitsstätte legt er zu Fuß in 10 min zurück. Treppensteigen ist ihm kaum möglich, er benutzt deshalb stets den Aufzug.

Ein gelernter Elektromonteur erlitt im Weltkrieg 1914 durch einen Gewehrschuß eine Verletzung des rechten Armes mit teilweiser Versteifung und vollständiger Gefühllosigkeit des Armes infolge Beschädigung der Nerven. Nach seiner Wiederherstellung übte der Geschädigte zunächst nur eine aushilfsweise Tätigkeit in seinem erlernten Beruf aus. Nach Gewöhnen konnte er nach zwei Jahren seine alte Stellung im Jahre 1916 in einer Armaturenfabrik als Elektromonteur wieder aufnehmen und verrichtet heute mit der linken Hand alle Arbeiten, die

[1]) Die Beschäftigung von Schwerbeschädigten in der Eisen- und Metallindustrie. Band 1 mit 360 Musterbeispielen. Verlag Gebrüder Jänecke, Hannover, 1941.



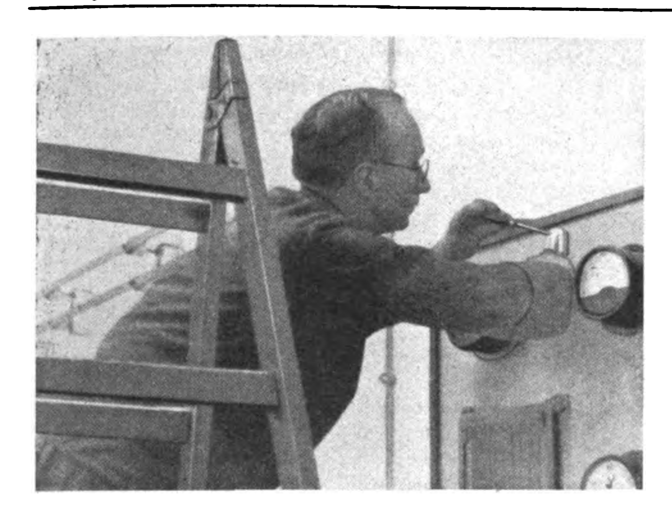


Bild 1. Elektromonteur mit versteiftem rechten Arm, der jetzt linkshändig arbeitet.

er als Gesunder rechtshändig ausgeführt hat. Bei Arbeiten an einer Schalttafel stützt er sich mit dem rechten Arm gegen diese, während die linke Hand mit dem Schraubenzieher die Arbeit ausführt (Bild 1). Während kurz nach Beendigen des Heilverfahrens eine Armstütze getragen wurde, sind jetzt nach endgültiger Gewöhnung keine Hilfsprothesen mehr nötig. Als Monteur erhält der Geschädigte den gleichen Lohn wie ein gesundes Gefolgschaftsmitglied.

Ein Hilfsarbeiter erlitt im Dezember 1938 als Angehöriger der Organisation Todt am Westwall eine Beschädigung durch Frost, als deren Folge beide Füße etwa 15 cm unter den Knien abgesetzt werden mußten. Nach seiner Entlassung aus dem Lazarett nahm der Schwerbeschädigte zunächst an einem Umschulungslehrgang teil und wurde dann in einer Maschinenfabrik als Ankerwickler eingestellt, wobei er vorwiegend im Sitzen arbeiten kann. Dabei hält er die übliche Arbeitszeit von täglich 9 h ein. Den Weg von der Wohnung bis zur Straßenbahn und von der Endstation bis zu seinem Arbeitsplatz legt er in etwa 15 min zu Fuß zurück; zum Erreichen seines Arbeitsplatzes im ersten Stockwerk benutzt er den Aufzug.

Zusammenfassung

Der Weg zum Einsatz Schwerbeschädigter ist geebnet. Jede Arbeitskraft ist in Zukunft für die deutsche Wirtschaft von Bedeutung. Durch vorstehende Ausführung sei zur Anregung angedeutet, wie auf Grund des Erreichten an der Lösung der Aufgaben des Schwerbeschädigteneinsatzes weitergearbeitet werden muß.

Einführung zu VDE 0360/XII. 40 „Leitsätze für die Prüfung von Isolierlacken"

Von W. Husse und G. Pfestorf VDE, Berlin

DK 621.315.617.4(083.133.2)

Übersicht. Für elektrische Isolierlacke hat der Verband Deutscher Elektrotechniker mit Wirkung vom 1. Januar 1941 Prüfleitsätze aufgestellt. Dabei wurden lediglich die anzuwendenden Prüfverfahren in den Leitsätzen niedergelegt, für die im folgenden einzelne Erläuterungen gegeben werden.

Gründe für die Aufstellung der Leitsätze

Im ersten Augenblick mag es in der heutigen Zeit unzweckmäßig erscheinen, daß der Verband Deutscher Elektrotechniker mit Leitsätzen zur Prüfung elektrischer Isolierlacke an die Öffentlichkeit getreten ist[1]). Berücksichtigt man jedoch die gesteigerten Anforderungen, die an elektrisches Isoliermaterial aller Art auf fast allen Gebieten der Elektroindustrie gestellt werden, wozu noch die Umstellung auf heimische Rohstoffe für alle Werkstoffe erschwerend hinzutritt, so erhebt sich für die Hersteller und Verbraucher die Schaffung von Güte- und Prüfvorschriften für den deutschen Bedarf zu einer dringenden Forderung.

Während früher auf dem Lackgebiet die Öllacke bekannter Güte das Feld beherrschten, muß man heutzutage mit Isolier- oder Tränklacken arbeiten, deren Eigenschaften in vielen Punkten noch nicht genügend bekannt sind oder die stark voneinander abweichen.

Als vordringlich galt daher die Aufstellung von Prüfbestimmungen für Isolierlacke, die je nach dem Verwendungszweck als Tränk- oder Überzugslacke dienen. Es sind lediglich die anzuwendenden Prüfverfahren in den Leitsätzen niedergelegt worden, nach denen die zwischen Hersteller und Verbraucher zu vereinbarenden Güteforderungen einheitlich nachgeprüft werden sollen.

[1]) ETZ 61 (1940) S. 832 und 1183.

A. Nichtelektrische Prüfungen

Zu § 4 Dichte

Die Dichte eines Lackes, d. h. das Verhältnis seiner Masse zur Masse eines gleich großen Volumens Wasser von + 4 °C, wird nach den üblichen Verfahren für Flüssigkeiten bei einer Normaltemperatur von 20 ° bestimmt[2]).

Falls die Bestimmung der Dichte (d 20/4) bei der Bezugstemperatur von 20 ° auf Schwierigkeiten stößt, bestimmt man sie bei zwei nicht allzuweit auseinanderliegenden Temperaturen in der Nähe der Bezugstemperatur, z. B. 18 ° und 21 °, und berechnet die Änderung je 1 ° durch Division der Differenz der beiden Dichten durch die Temperaturdifferenz.

Beispiel:

$$d\frac{18}{4} = 0{,}8750; \quad d\frac{21}{4} = 0{,}8715$$

$$\text{Änderung je } 1^\circ = \frac{0{,}8750 - 0{,}8715}{3} = 0{,}00117,$$

daraus ergibt sich für

$$d\frac{20}{4} = 0{,}8715 + 0{,}00117 = 0{,}8727$$

oder

$$d\frac{20}{4} = 0{,}8750 - 2 \cdot 0{,}00117 = 0{,}8727.$$

Beim Arbeiten mit dem Pyknometer hat sich bei hochviskosen Lacken oder Ölen ein zylinderförmiges Pyknometer (mit Einschliffstopfen und Bohrung) der Abmessungen 70 mm lang und 22 mm dick bewährt[3]).

[2]) Vgl. Seeligmann-Zieke, Handbuch der Lack- und Firnisindustrie, 4. Aufl. S. 744.

[3]) Vgl. Gardner-Scheifele, Untersuchungsmethoden der Lack- und Farbenindustrie, 4. Aufl. S. 140.

Aus der Dichte des Lackes lassen sich keine Rückschlüsse auf seine Güte ziehen; sie dient lediglich zur Prüfung der Gleichmäßigkeit bei Lieferungen.

Zu § 5 Mechanische Verunreinigungen

Mechanische Verunreinigungen können aus verschiedenen Ursachen in den Lack gelangen. Die Hauptmengen werden bereits bei der betriebsmäßigen Klärung der Lacke entfernt, doch können hinterher bei der Lagerung und beim Umfüllen erhärtete Lackbestandteile (Häute) vorkommen, die eine einwandfreie Verarbeitung und Filmbildung stören.

In Anbetracht der dünnen Schichten wirken sich Verunreinigungen aller Art schädlich auf das Isoliervermögen und die Widerstandsfähigkeit der mit solchen Lacken behandelten Oberflächen aus.

Zur Ausführung der Prüfung wird das Prüfsieb zweckmäßig an einen 60 bis 70 mm hohen Messing- oder Kupferblechzylinder angelötet, der sich in ein Becherglas einhängen läßt. Nach dem Durchspülen der Hauptmenge des Lackes kann man durch Auf- und Niederbewegen des Siebes im Lacklösungsmittel die Rückstandsreste gut auswaschen und gegebenenfalls wiegen[4]).

Zu § 6 Nichtflüchtige Bestandteile

Nach der Definition der Isolierlacke (vgl. § 3 der Leitsätze) erfolgt die Bildung und Verfestigung des Überzuges durch physikalische oder chemische Vorgänge oder durch beide. Zu den physikalischen Trocknungsvorgängen zählt u. a. auch die Verdampfung der Lösungsmittel, deren Gehalt nach Art und Menge in einem Lack sehr verschieden sein kann.

Maßgebend für die Ausgiebigkeit und die Schichtdicke der Lackierung ist der Festkörper- (Lackkörper-) Gehalt des flüssigen Lackes. Zur Bestimmung desselben ist es erforderlich, von einer genauen, durch Differenzwägung in einem geschlossenen Gefäß (Wägeglas) festgestellten Lackmenge auszugehen. Dadurch werden Gewichtsverluste durch Lösemittelverdampfung während der Wägung ausgeschaltet.

Zu § 7 Fließfähigkeit

In den Leitsätzen sind zwei Verfahren zur Bestimmung der Fließfähigkeit eines Lackes vorgesehen je nach dem Zweck, für den die Bestimmung vorgenommen wird.

Um für den Betrieb eine Kennzahl der Konsistenz für die Verarbeitbarkeit des Lackes zu haben, genügt die Messung der Auslaufzeit mit dem Auslaufbecher nach DIN 53 211 (in Vorbereitung) unter definierten Bedingungen. Die Konsistenz ist ein Sammelbegriff für die gleichzeitig nebeneinander auftretenden viskosen, plastischen und thixotropen Zustände des Lackes. Daher ist diese Konsistenzmessung nicht gleichbedeutend mit einer exakten Viskositätsbestimmung.

In solchen Fällen, bei denen eine größere Genauigkeit erforderlich ist, kann die reine Viskosität nach dem Verfahren von Höppler ermittelt werden.

Zu § 8 Flammpunkt

Nach der Höhe des Flammpunktes werden die Lacke in die einzelnen Gefahrenklassen eingeordnet; seine Kenntnis ist wichtig für die Beförderung und die Art der Lagerung.

Als Flammpunkt gilt die Temperatur, bei der durch eine offene Flamme die Dämpfe des Lösungsmittels aufflammen.

Je niedriger der Flammpunkt liegt, um so feuergefährlicher ist der Lack.

[4]) Vgl. auch D'Ans, „Chemisch-technische Untersuchungsmethoden", Ergänzungswerk III. Teil, S. 477.

Zu § 9 Verdünnbarkeit

Beim Zusetzen des Verdünnungsmittels empfiehlt es sich, den Lack zu rühren und die Verdünnung dabei langsam einlaufen zu lassen. Lokale Überschüsse des Verdünnungsmittels können zuweilen Ausfällungen von Lackbestandteilen hervorrufen, die sich nur schwer wieder auflösen.

Der für die Verarbeitung erforderliche Verdünnungsgrad kann gemäß § 7 kontrolliert werden.

Zu § 10 Einwirkung auf Kupfer

Isolierlacke können zuweilen aus verschiedenen Ursachen eine Korrosion von Kupfer bewirken, die sich teils durch Grünfärbung, teils durch Schwarzfärbung äußert. Die Grünfärbung ist auf die Entstehung fettsaurer Kupfersalze durch Säurenabspaltung aus dem Lack und die Schwarzfärbung auf Bildung von Schwefelkupfer aus geschwefelten Öllacken zurückzuführen.

Schwache Verfärbungen des Kupfers sollten nicht beanstandet werden. Bei starkem Angriff besteht jedoch — besonders bei dünnen Drähten — die Gefahr der Querschnittsverringerung.

Eine Korrosion des Kupfers kann durch Verwendung geeigneter Lacke bei sachgemäßer Verarbeitung vermieden werden.

Zu § 11 Einwirkung auf Lacküberzüge

Beim Überlackieren von bereits lackierten Fertigstücken (z. B. Spulen) mit irgendeinem Überzugslack besteht die Gefahr, daß die Lösungsmittel des Überzugslackes den Grundlack angreifen und bis zum Untergrund (Metall) aufweichen. Damit wird die Festigkeit, das Haftvermögen sowie die Isolationswirkung der Lackierung zerstört. Solange nur Benzinlacke verwendet werden, d. h. solche, die — wie z. B. die alten Öllacke — nur hochsiedende Benzin-Kohlenwasserstoffe als Verdünnungsmittel enthalten, treten diese Schädigungen nicht auf. In den Fällen jedoch, in denen ein Überzugs- oder Tränklack auf Kunstharzbasis auf eine vorhandene Öllackierung oder auch Kunstharzlackierung aufgetragen wird, besteht meistens die Gefahr einer Anlösung der Schichten, sofern sie nicht von vornherein aufeinander abgestimmt sind.

Mit denselben Schwierigkeiten hat auch auf anderen Gebieten das Maler- und Lackierergewerbe zu kämpfen, sofern nicht aufeinander abgestimmte Grund- und Überzugslacke verwendet werden. Entsprechende Vorsicht in dieser Richtung ist besonders bei Ausbesserungsarbeiten am Platze, wo leicht unverträgliche Lacke aufeinandertreffen können.

Während die geschilderten Erscheinungen des gegenseitigen Anlösens durch Tastversuche in kurzer Zeit sinnfällig nachgeprüft werden können, bestehen Schwierigkeiten bei der Erkennung von Wechselwirkungen, die nicht durch Lösungsmittel verursacht werden, sondern durch den gegenseitigen Einfluß der beiden lösungsmittelfreien Lacküberzüge im Laufe längerer Zeit entstehen können.

Hierher gehören solche Schäden, die zuweilen durch Abspaltung von Harzbestandteilen, freien Fettsäuren u. ä. infolge starker Erwärmung während des Betriebes entstehen können.

Es soll dahingestellt bleiben, ob diesen Möglichkeiten eine allgemeine Bedeutung zukommt. Jedenfalls sind diese Schäden schwer durch eine normenmäßige Prüfung zu erfassen, so daß von einer Prüfbestimmung in den Leitsätzen bis auf weiteres abgesehen wurde.

Zu § 12 Trockenzeit

Das Verfahren zur Feststellung der Trockenzeit nach § 12 gilt nicht für die Tränklacke auf Spulen; ein solches ist laut § 20 der Leitsätze in Vorbereitung.

Als Trägermaterial für die Isolierlacke wählte man ein genormtes Sondertiefziehblech. Faserstoffe sind zu wenig in ihren Eigenschaften bestimmt und nicht in



gleichbleibender Beschaffenheit erhältlich. Stahlblech dagegen ist als Heimstoff verfügbar. Kupfer kommt z. Z. nur bei Lackdrähten in Betracht, während Aluminium wegen der bekannten schlechten Haltfähigkeit der Lackierung nicht durchweg empfohlen werden kann.

Als Trockenzeit gilt die Zeit von der zweiten Tauchung bis zu dem Zeitpunkt, an dem der Lacküberzug trocken ist.

Bei der Trocknung eines Anstriches sind vier verschiedene Zustände[5]) zu unterscheiden:

1. Anziehen,
2. Klebrigsein,
3. Staubtrockenheit,
4. Durchtrocknung.

Ein Anstrich „zieht an", wenn er dem vorsichtig darüber gleitenden Finger einen merklichen Widerstand bietet.

Beim Zustand des „Klebrigseins" tritt mehr oder weniger starkes Kleben des Fingers am Lack ein.

Die Staubtrockenheit beginnt, wenn der Anstrich dem Finger keinen als klebrig empfundenen Widerstand entgegensetzt und feine Sandteilchen nicht mehr kleben bleiben.

Ein Anstrich ist durchgetrocknet, wenn man auf seine Oberfläche etwa 5 s lang kräftig mit dem Finger drücken kann, ohne dadurch einen bleibenden Eindruck zu erzeugen.

Nach dem Prüfverfahren der Leitsätze wird die Durchtrocknung nach Ziffer 4 durch ein objektiveres Verfahren gekennzeichnet.

Allgemein wirken sich auf den Trocknungsverlauf — besonders bei lufttrocknenden Lacken — die Schichtdicke, Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Luftbewegung, das Licht und der Untergrund aus. Bei vergleichenden Prüfungen ist also streng darauf zu achten, daß alle Versuchsbedingungen gleich sind.

Zu § 16 Alterungsbeständigkeit

Allgemein äußert sich bei Anstrichen die natürliche Alterung des Films in einer Änderung seiner mechanischen Eigenschaften. Die Größe dieser Änderungen in einer bestimmten Zeit kann als Maßstab für seine Haltbarkeit dienen[6]). Laboratoriumsmäßig untersucht man die mechanischen Eigenschaften des Anstriches im „frischen" Zustande und im Anschluß an eine künstliche Alterung, um so die Neigung des Anstriches zu erfassen, sich beim Altern langsam oder schneller zu verändern.

Obwohl eine Warmlagerung gemäß § 16 streng genommen noch keine Alterung darstellt, so kommt sie doch den praktischen Betriebsverhältnissen bei Isolierlacken sehr nahe. Aus verschiedenen Gründen, deren Aufzählung hier zu weit führen würde, hat man sich auf eine Prüfung der Formänderungsfähigkeit, d. h. der Neigung zur Rißbildung, beschränkt.

Prüftechnisch ist die Prüfung „a) unmittelbar nach der Trocknung" so aufzufassen, daß je nach der Zusammensetzung — besonders bei lufttrocknenden Lacken — ein gewisser, innerlich gefestigter Zustand erreicht sein muß, um nicht irreführende Unterschiede gegenüber der Prüfung nach der Warmlagerung zu erhalten. Bei schnelltrocknenden Lacken kann bereits nach 48 Stunden Luftlagerung zum ersten Male geprüft werden.

Auch den warmgelagerten Proben ist vor dem Biegen 24 Stunden Zeit zu lassen, um innere Spannungen im Film wieder zum Ausgleich zu bringen.

Bei Einbrennlacken, die bei Temperaturen über 100 ° eingebrannt werden, dürfte sich in vielen Fällen eine künstliche Alterung bei 105 ° erübrigen, da sich bekanntlich solche Lackierungen nur wenig verändern und mit einer einmaligen Feststellung der mechanischen Eigenschaften nach a) genügend zu kennzeichnen sind.

Die Beobachtung feinster Risse beim Biegen stößt, zumindest mit unbewaffnetem Auge, öfters auf Schwierigkeiten. Zweckmäßig bedient man sich einer 20fachen Lupe oder macht die Rißbildung sichtbar durch Eintauchen der Proben in einen Ferroxyl-Indikator oder in Kupfersalzlösung[7]).

Zu § 17 Ölfestigkeit

Diese Prüfung kommt meistens nur bei solchen Lackierungen mit Imprägnierlacken in Betracht, die ständig den Einwirkungen von Schalter- oder Transformatorenöl ausgesetzt sind. Sie sollte nicht bei allen Lacksorten angewendet werden, da der Lackzusammensetzung im Hinblick auf die Ölfestigkeit gewisse Grenzen gezogen sind.

Man setzt die Proben sowohl bei Zimmer- als auch bei erhöhter Temperatur der Einwirkung des Öles aus und prüft nach der Behandlung, ob sich das Öl verfärbt oder getrübt hat und in welcher Richtung sich die mechanischen Eigenschaften der Lackierung (Härte, Haftfestigkeit, Geschmeidigkeit und Formänderungsfähigkeit) verschoben haben.

Zu § 18 Abreibfestigkeit

In einigen besonders gelagerten Fällen mag es erforderlich sein, die Abreibfestigkeit einer Isolierlackierung zu prüfen. Ein allgemein gültiges Verfahren, den Abnutzungs- und Verschleißwiderstand von Lacküberzügen exakt zu bestimmen, gibt es noch nicht. Die vorliegende Prüfung nach Gardner, die später durch ein genaueres Verfahren ersetzt werden soll, gestattet nur bei gleichen Lacktypen vergleichsweise die Abreibfestigkeit, z. B. mit Flugsand, festzustellen.

Bei der Bestimmung ist streng darauf zu achten, daß nur gleich dicke Filme im gleichen Durchtrocknungszustand der Besandung unterworfen werden. Tunlichst wird die Abreibfestigkeit auch bei gleicher Temperatur und gleicher Luftfeuchtigkeit geprüft.

Zu § 19 Schleuderfestigkeit

Das Ausschleudern von Lackteilen bei Läufern im Betrieb ist auf verschiedene Ursachen zurückzuführen. Isolierlacke, die nicht genügend durchgetrocknet sind oder die bei höheren Temperaturen erweichen, können ausgeschleudert werden. Zuweilen ist auch eine zu geringe Haftfestigkeit untereinander bei mehrfachen Lackaufträgen die Ursache für das Ablösen ganzer Lackfetzen bei schnellaufenden Maschinen.

Diese Prüfung verdient also eine besondere Beachtung für die Verwendung von Isolierlacken und Tränklacken bei der Herstellung elektrischer Maschinen.

B. Elektrische Prüfungen

Neben den nichtelektrischen sind gute elektrische Eigenschaften Vorbedingung für die Verwendungsmöglichkeit eines Lackes für die Isolierung. In den Leitsätzen werden Verfahren zunächst nur für die Ermittlung von drei elektrischen Eigenschaften, nämlich der Durchschlagsfestigkeit, des Durchgangswiderstandes und des dielektrischen Verlustfaktors beschrieben. Da die Isolierlacke elektrisch nur nach vorschriftsmäßiger Trocknung beansprucht werden, ist es nötig, diese Eigenschaften nur an Lackfilmen zu ermitteln. Es ist selbstverständlich, daß die Eigenschaften, um einen umfassenden Überblick über das elektrische Verhalten der Lacke zu gewinnen, auch in Abhängigkeit von verschiedenen Faktoren, z. B. Temperatur, Druck, relativer Luftfeuchtigkeit, Alterung und nach Einwirkung verschiedener Reagenzien zu bestimmen sind.

---

5) Vgl. RAL 840 A 2, S. 11.
6) Vgl. F. J. Peters, Farbe u. Lack 1940, Nr. 1, S. 1ff.
7) Vgl. Korrosion u. Metallsch. 5 (1929) S. 62 und Vorläufige Bedingungen des OKH für kraftstoffesten Anstrich TL 6328.



Zu § 13 Durchschlagsfestigkeit

Auf die Lackoberfläche auf Tiefziehblech wird als Elektrode eine ebene Platte von 50 mm Dmr. aufgesetzt. Die Kanten sind mit einem Halbmesser von 2,5 mm gerundet, der Anpreßdruck der Elektrode beträgt rd. 2 kg (100 g/cm²). Zwischen die aufgesetzte Elektrode und das Metallblech wird eine praktisch sinusförmige Wechselspannung (Oberwellengehalt kleiner als 5 %) angelegt und die Spannung allmählich von Null beginnend in etwa 20 s bis zum Durchschlag gesteigert. Die Durchschlagsspannungen bei elektrisch gut isolierenden Lacken liegen teilweise außerordentlich hoch, so daß vor dem Durchschlag in Luft Gleitfunken und Gleitbüschel auf der Lackoberfläche entstehen. Man hat es also mit einem stark ungleichförmigen elektrischen Feld zu tun. Die Durchschlagsstellen liegen daher oft am Rande der Elektroden. Die Inhomogenität des Feldes wird bei der Auswertung der Meßergebnisse nicht berücksichtigt; beim Auftreten von Gleitfunken längs der Lackoberfläche werden die Versuche jedoch zweckmäßig unter Öl vorgenommen.

Der Prüftransformator soll so gesichert sein, daß ein einwandfreier Durchschlag durch die Lackschicht erzielt wird, ohne jedoch einen Lichtbogen und damit eine wesentliche Zerstörung der Prüfelektrode nach sich zu ziehen. Die sich bei den zahlreichen Durchschlägen ergebenden Anfressungen der Elektrode werden dadurch vermieden, daß die Prüfelektrode durch Zwischenlage einer Folie aus Blattmetall geschützt wird. Blätter von 70 × 70 mm Kantenlänge lassen sich mit der Hand glatt an die Elektroden schlagen, ohne daß nennenswerte Spitzen im homogenen Teil des elektrischen Feldes auftreten. Durch die Polsterung wird ein noch besseres Anliegen der Elektrode erzielt; das Blattmetall wird nach jedem Durchschlag erneuert.

Bei einer Anlage mit genügend kleiner Streuung (etwa < 8 %) kann die Durchschlagsspannung aus der Primärspannung des Transformators und dem bekannten Übersetzungsverhältnis ermittelt werden. Sicherer ist jedoch die direkte Hochspannungsmessung mittels statischer Voltmeter (Bauart z. B. Hartmann & Braun, Frankfurt a. M., oder Starke-Schroeder, Aachen) oder mittels Hochspannungsmeßwandler.

Aus der Durchschlagsspannung und der an der Durchschlagsstelle gemessenen Dicke der Lackschicht in cm (vgl. § 12) wird die Durchschlagsfestigkeit als der Quotient aus der Durchschlagsspannung und der Dicke des Prüflings errechnet. Die Durchschlagsfestigkeit wird in kV/cm angegeben. Die Prüfung erfolgt zunächst bei Raumtemperatur in Luft oder unter Öl. Bild 1 zeigt ein Prüfgerät für Messungen in Luft.

Wird die Messung unter Öl ausgeführt, so werden die Lackproben erst unmittelbar vor der Bestimmung der Durchschlagsfestigkeit in das Ölbad eingebracht. Das zu den Versuchen benutzte Öl soll VDE 0370 „Vorschriften für Schalter- und Transformatorenöle" entsprechen. Die wichtigste Forderung dieser Vorschrift für den vorliegenden Zweck ist die elektrische Durchschlagsfestigkeit. Sie soll, gemessen nach den genannten Vorschriften, im Mittel 80 kV/cm nicht unterschreiten. Da die Durchschlagsfestigkeit von Transformatorenöl erfahrungsgemäß mit großen Streuungen behaftet ist, kommt dem Zahlenwert der Durchschlagsfestigkeit nur verhältnismäßig geringe Bedeutung zu. Wichtig ist lediglich die Forderung, daß im Mittel der Grenzwert nicht unterschritten wird.

Im allgemeinen streuen die an Isolierlacken ermittelten Durchschlagsfestigkeiten entsprechend der Gaußschen Fehlerfunktion. Zur Sicherung, daß eine derartige Fehlerverteilung vorliegt, sind mindestens zehn Durchschlagsmessungen auszuführen. Die gemessenen Durchschlagsfestigkeiten sind zweckmäßig auf Wahrscheinlichkeitspapier, geordnet nach steigenden Zahlenwerten, aufzutragen[8]). Es trägt als Ordinatenteilung die sogenannte

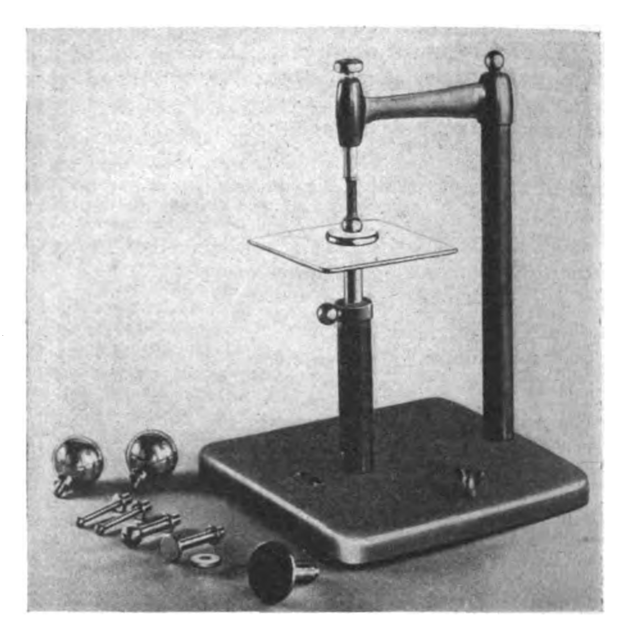


Bild 1. Prüfgerät für Durchschlagsmessungen an Isolierstoffen in Luft.

Summenhäufigkeit, als Abszissenteilung für die Merkmalsgrenze eine Millimeterteilung. Die Summenhäufigkeit ist abhängig von der Anzahl der durchgeschlagenen Isolierfilme[9]). Liegt eine einwandfreie Fehlerverteilungsfunktion vor, so ergeben die gemessenen Werte in der gewählten graphischen Darstellung eine gerade Linie.

In dem Ergebnisbericht ist die Zahl der Durchschlagsmessungen, der Mittelwert der Durchschlagsfestigkeit, der kleinste gemessene Wert sowie die mittlere Dicke der Lackschicht anzugeben. Ferner ist zu vermerken, ob die Versuche in Luft oder unter Öl ausgeführt worden sind.

Ebenso wichtig wie die elektrische Festigkeit als solche ist deren Veränderung nach verschiedenen mechanischen oder chemischen Beanspruchungen. So wird z. B. die Festigkeit einer Lackschicht mit Rissen andere Durchschlagsspannungen ergeben als eine unverletzte Lackschicht, insbesondere bei Verwendung von Quecksilber- oder Wasserelektroden, und es wird dadurch möglich sein, an Stelle des subjektiven Befundes nach § 16 zahlenmäßige Angaben zu machen.

Zu § 14 Durchgangswiderstand

Vor der Ermittlung der Durchschlagsfestigkeit ist an der gleichen Isolierlackprobe der Durchgangswiderstand zu ermitteln. Dazu ist eine Schutzringanordnung aus Blattmetall entsprechend Bild 2 von VDE 0303/VII. 40 „Leitsätze für elektrische Prüfungen von Isolierstoffen" anzubringen. Das Ausschneiden der Meßbelegung und des Schutzringes erfolgt mit einem Gerät nach Hecker, wie es Bild 2 zeigt. Mit drei verstellbaren scharfen Stahlrädchen, die sich an den Armen eines Winkelstückes befinden, werden Schutzring und Meßbelegung aus der Metallfolie durch Drehen ausgearbeitet. Wichtig ist, daß nicht mehrere Metallfolien übereinander liegen, da sonst ein Reißen oder Verziehen des Blattmetalls eintritt. Das Blattmetall, aus dem die Elektrode ausgeschnitten werden soll, muß vielmehr auf einer glatten Unterlage, z. B. Hartpapier, aufgerieben werden. Ist die Unterlage durch häufiges Schneiden von Schutzringelektroden zerkratzt und zerschrammt, wird sie durch Polieren wieder geglättet.

Im allgemeinen haftet das Blattmetall ohne weiteres auf der Lackschicht und läßt sich mit einem Tuch fest anreiben. Aus dem Durchmesser der Metallbelegung, ge-

8) Papiere mit Wahrscheinlichkeitsnetz sind unter der Nummer 189½ von der Firma Carl Schleicher & Schüll, Düren/Rhld., zu beziehen.

9) Sie ist für Versuchszahlen von 4 bis 50 in dem Buch „Prüfung und Bewertung elektrotechnischer Isolierstoffe", Verlag Julius Springer, Berlin 1940, auf den Seiten 170 bis 173 angegeben.



messen von Mitte bis Mitte des Schutzspaltes, ergibt sich die Meßfläche F in cm², aus der Dicke a der Lackschicht in cm und dem Widerstand R in Ω der spezifische Widerstand $\varrho = \frac{R F}{a}$ [Ω cm]. Für die Messung wird der

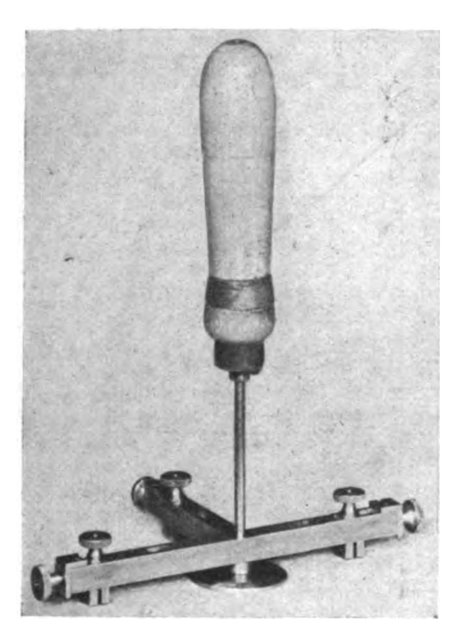


Bild 2. Gerät zum Ausschneiden von Schutzringelektroden aus Blattmetall.

Schutzring geerdet und die Meßbelegung mit einem empfindlichen Galvanometer verbunden. Bei Messungen, die nur einen Anhaltspunkt bieten sollen, kann auf den Schutzring verzichtet werden. Der Widerstand R wird aus dem gemessenen Strom und der angelegten Spannung ermittelt. Vor der Einschaltung hat man sich bei kurzgeschaltetem Galvanometer davon zu überzeugen, daß in der Lackschichtmeßfläche keine Fehlerstelle vorhanden ist und keine unzulässig hohen Ströme das Galvanometer gefährden. Die Verbindung von der Meßbelegung zum Galvanometer ist möglichst frei in Luft oder mit Hilfe einer abgeschirmten geerdeten Leitung vorzunehmen.

Zu § 15 Dielektrischer Verlustfaktor

Der dielektrische Verlustfaktor wird in der gleichen Schutzringanordnung, die zur Ermittlung des Durchgangswiderstandes diente, gemessen. Übliche Meßfrequenzen sind 800 und 50 Hz. Für die Messung bei 800 Hz kann die Brücke nach Giebe-Zickner in der Bauart nach Dr. phil. Max Ulrich, Leipzig, oder bei 50 Hz die Schering-Brücke, Bauart Hartmann & Braun, Frankfurt a. M., benutzt werden[10]). Die Messung des dielektrischen Verlustfaktors in der Giebe-Zickner-Brücke braucht nicht nach dem Präzisionsmeßverfahren (Substitutions-Schaltung) durchgeführt zu werden, sondern diese Brückeneinrichtung kann im vereinfachten Verfahren so abgewandelt werden, daß der dielektrische Verlustfaktor angenähert aus den zu den Widerständen R_3 und R_4 parallel liegenden Kapazitäten errechnet wird.

[10]) Andere Brückeneinrichtungen siehe in dem Buch „Prüfung und Bewertung elektrotechnischer Isolierstoffe".

Feuchtigkeitsdurchlässigkeit von Kunststoff-Kabelmänteln[1])

DK 621.315.229 : 621.315.616

Die Umstellung der Kabelmäntel aus Blei auf heimische Kunststoffe[2]) führte zu eingehenden Untersuchungen über den Mechanismus und die Ursache der Feuchtigkeitsdurchlässigkeit der organischen Werkstoffe überhaupt und brachte durch chemisch-physikalische Forschungen bemerkenswerte Erkenntnisse[3]). W. M. H. Schulze betrachtet zunächst die Feuchtigkeitsdurchlässigkeit organischer Werkstoffe in Hinblick auf Ummantelungsfragen für Fernmeldekabel und knüpft daran Betrachtungen über die verschiedenen grundsätzlichen Möglichkeiten des Feuchtigkeitsdurchganges durch organische Hochpolymere. Schließlich werden hieraus die Erfordernisse zum Aufbau feuchtigkeitsdichter Stoffe gefolgert.

Als Ausgangspunkt für die Betrachtung des Feuchtigkeitsdurchtrittes durch Kabelmäntel dient das bereits im Jahre 1855 von Fick[4]) angegebene Diffusionsgesetz

$$N = D \frac{F}{a} \Delta p\, t;$$

dabei ist N der durch die Fläche F von der Dicke a in der Zeit t bei der Dampfdruckdifferenz Δp senkrecht hindurchtretende Wasserbetrag und D ein Proportionalitätsfaktor in g je cm h Torr, der als Diffusionskonstante bezeichnet wird. Die D-Werte für die bekannten organischen Werkstoffe liegen zwischen 10^{-10} und 10^{-8} g je cm h Torr. Unter Berücksichtigung wirtschaftlicher Bauarten, der Wasseraufnahme und Sicherheit muß dieser Wert bei Fernmeldekabelmänteln etwa 10^{-12} betragen, welchen Wert die üblichen Kunststoffe mit teilweiser Ausnahme neuerer Oppanolsorten noch nicht ganz erreichen. Betrachtet man das für den Isolationszustand wichtige Diffusionsgleichgewicht eines Kabels, so beeinflussen die Zwischenschichten infolge ihrer Feuchtigkeitsaufnahme die Feuchtigkeitsdurchlässigkeit erheblich, weil Puffer- oder Stauwirkungen beim Feuchtigkeitsdurchtritt dadurch auftreten. Die Durchfeuchtung wird daher besser als Feuchtigkeitstransport aufgefaßt und ist eine Parallelerscheinung zur Wärmeströmung oder elektrischen Strömung; in dieser Betrachtungsweise ist das Ficksche Gesetz ein Analogon zum Wärmeleitungsgesetz und auch zum ohmschen Gesetz, wie der Verfasser im einzelnen übersichtlich nachweist. Durch Einführung der Feuchtigkeitswiderstände läßt sich eine Wertung der im Kabelbau verwendeten Werkstoffe durchführen.

Die molekularphysikalische Betrachtung der Feuchtigkeitsdurchlässigkeit von Hochpolymeren geht von makroskopischen, submikroskopischen, intermolekularen und interatomaren Zwischenräumen aus. Unter Einbeziehung der Staudingerschen[5]) Makromolekül-Vorstellungen und mit Verlauf der Hauptketten von Fadenmolekülen werden Lockerstellen- und Lochbildungen veranschaulicht. Für feuchtigkeitsdichte Stoffe müßte der Zwischenraum zwischen den Wirkungsquerschnitten entsprechend den Wasserdampfmolekeln kleiner als etwa 2,7 ÅE sein. Bei Blei mit kubisch-flächenzentriertem Atomgitter betragen die Zwischenräume nur 1,44 ÅE. Nach neueren Messungen[6]) erscheint es möglich, daß durch Ausrichtung von Molekülgruppen, etwa durch Reckvorgänge wie beim Polystyrol, Kunststoffe geschaffen werden können, die alle Anforderungen hinsichtlich Feuchtigkeitsdurchlässigkeit und mechanischer Festigkeit erfüllen. *Tsch.*

[1]) W. M. H. Schulze, Kunststoff-Techn. 10 (1940) S. 249; 8½ S., 9 B.
[2]) P. Mentz, Bleisparende Kabelmäntel in der Fernmeldetechnik. ETZ 61 (1940) S. 1131.
[3]) P. O. Schupp, Über die Wasserdurchlässigkeit von Kunststoffmänteln für Fernmeldekabel. Europ. Fernsprechdienst 55 (1940) S. 110. S. a. dieses Heft, S. 433.
[4]) A. Eucken, Lehrbuch der chemischen Physik. Leipzig, Akadem. Verlagsgesellschaft 1932.
[5]) H. Staudinger, Über die makromolekulare Chemie. Angew. Chem. 49 (1936) S. 801. — Ders., Die wissenschaftliche Erforschung des Kautschuks. Kautschuk 10 (1934) S. 157, 170, 192.
[6]) E. Badum, u. K. Leilich, Über die Wasserdurchlässigkeit von Kunststoffen. Felten & Guilleaume Rdsch. (1938) H. 22, S. 13.

Normen für Installationsmaterial

VDE-Ausschuß für Installationsmaterial

Einspruchsfrist: 31. Mai 1941

Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr

DK 621.3 : 003.6 Mai 1941

Installationsmaterial **Schutzartzeichen** für Installationsgeräte Elektrotechnik	DIN Entwurf 1 **40013**

Maße in mm

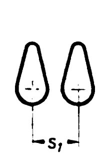
Für die Anwendung des Schutzartzeichens sind die einschlägigen VDE-Bestimmungen zu beachten. Hierbei werden folgende Schutzarten unterschieden:

0 Ausführung ohne Abdeckung (ohne Berührungsschutz),
A abgedeckte Ausführung (nicht wassergeschützt),
B geschützte Ausführung (tropfwassergeschützt),
C abgedichtete Ausführung,
D druckwasserdichte Ausführung.

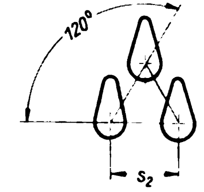
Geräte, die nach den Schutzarten B, C oder D ausgeführt sind, müssen mit dem untenstehenden Schutzartzeichen versehen werden.

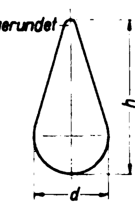
B für geschützte Geräte

C für abgedichtete Geräte



D für druckwasserdichte Geräte





Bezeichnung eines Schutzartzeichens B von Höhe $h = 8$ mm:

Schutzartzeichen B 8 DIN 40013

Höhe h	d	s_1	s_2
3	1,5	2,5	3,5
4	2	3,5	5
5	2,5	4,5	6,5
6	3	5	7
8	4	6,5	9
10	5	8	11

Ausführung: Die Maße gelten für alle Schutzartzeichen, die gegossen, gepreßt, graviert, geschlagen, gemalt, abgezogen, gedruckt usw. werden.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

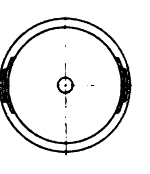
Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr

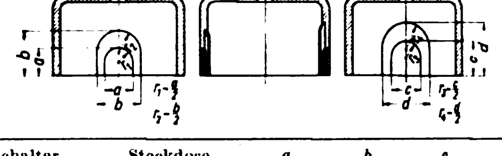
DK 621.316.54 Mai 1941

Installationsmaterial **Einführungsöffnungen** für Schalter und Steckdosen in abgedeckter Ausführung (A) Elektrotechnik	DIN Entwurf 1 **46250**

Maße in mm

Die bildliche Darstellung ist für die Ausführung nicht verbindlich.





Schalter	Steckdose	a	b	c	d
6 A	10 A	10	16	12	19
15 A		14	23	19	29
25 A		16	29	23	36

Zulässige Abweichungen für a bis d:
bis 25 mm = ± 0,4 mm
über 25 mm = ± 1 mm

Die vorstehend angegebenen Einführungsöffnungen müssen vorhanden sein, weitere sind zulässig.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr

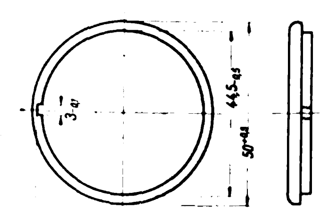
DK 621.316.54 Mai 1941

Installationsmaterial **Abdeckplatten und Einsätze** für Schalter und Steckdosen Elektrotechnik	DIN Entwurf 1 **49075**

Maße in mm

Abdeckplatte

Einsatz



Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

RUNDSCHAU

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung

DK 621.311.1(73/79)

Energieversorgung dichtbesiedelter Stadtteile. [Nach R. A. Hentz u. J. A. Thielman, Electr. Engng. 59 (1940) S. 324; 3½ S., 5 B.]

Vor einigen Jahren sah sich die Philadelphia Electric Co. wegen der Stromversorgung des Stadtgebietes von 3600 km² mit etwa 150 000 kVA veranlaßt, dem steigenden Energiebedarf durch Ausbau des 13 kV-Netzes auf 33 kV und durch Errichtung mehrerer 66/33 kV -Umspannstellen (derzeit fünf in Betrieb) zu begegnen. Die Energieversorgung wurde auf diese Weise sogar verbilligt. Die Spannung von 66 kV hat sich für die dortige Stadtversorgung als geeignet erwiesen. Die neueren der 66/33 kV-Umspannwerke haben nur je einen Umspanner, bei dessen Ausfall die Versorgung durch die benachbarten Stellen mit etwas größerem Spannungsabfall aufrechterhalten wird. Um Überschläge, die häufigste Ursache von Unterbrechungen (Überschläge an Leitungsisolatoren verursachten 55%, an Schaltern 8%, Leitungsbrüche durch Überschläge 13%, sonstige Leitungsbrüche 5%, Bäume und Fremdkörper 8% aller Unterbrechungen) zu vermeiden, wurde bei allen neuen und erneuerten 33 kV-Leitungen ein Mindestabstand gegenseitig oder gegen Erde von 50 mm je 1000 V, bei Berücksichtigung der Isolatorbegrenzung ein Kriechweg von 62 mm je 1000 V eingehalten. Die Umspannwerke 33/4 kV sind bei vorwiegend Lichtbelastung als einfache, einseitig gespeiste Maststationen, größere als fabrikmäßige Einheiten von 1000 kVA ausgebildet. Diese letzteren bestehen aus einem Umspanner mit acht unterspannungsseitig unter Last schaltbaren Anzapfungen für insgesamt 15% und einem öllosen Schalter nebst den zugehörigen Schutz- und Regeleinrichtungen. Oberspannungsseitig geht der Anschluß über Hochspannungssicherungen oder eingebaute Auslöser. Das Ganze ist zu einer geschlossenen transformatorähnlichen Einheit zusammengebaut, bedingt daher am Aufstellungsort wenig Montage und kann ohne große Kosten verlegt werden. Große Umspannwerke sind als sogenannte Schleifenunterstationen gebaut. Eine Schleife der 33 kV-Leitung wird durch einen Schalter unterbrochen, an dessen beiden Seiten die Umspanner angeschlossen sind. Man erhält auf diese Weise zweifach gespeiste Unterstationen mit je zwei Umspannern. Auf der 4 kV-Niederspannungsseite ist ein Einfachsammelschienensystem, bei den älteren Unterwerken zusätzlich eine Hilfssammelschiene vorhanden. Bei Fehlern öffnet der Schleifenschalter zugleich mit dem unterspannungsseitigen Umspannerschalter der betroffenen Seite. Die Tafel 1 zeigt, daß die großen Umspannwerke wesentlich weniger Störungen aufweisen als die kleinen.

Tafel 1.

Anzahl der Umspannwerke	Anschlußwert in kVA	Zahl der Unterbrechungen je Umspannwerk (Fünfjahresdurchschnitt)
8	5000 u. mehr	1.1
7	3000 ··· 5000	1.3
11	1000 ··· 3000	2.7
13	500 ··· 1000	7.7
25	100 ··· 500	9.6

Die Zahl der Unterbrechungen durch Fehler in der Speiseleitung hat sich für die einseitig gespeisten Werke als etwa zehnmal so hoch ergeben wie bei mehrfach gespeisten und stellt bei den einseitig gespeisten die Hälfte sämtlicher Unterbrechungen dar. Als Verteilerspannung wurde 4000 V Dreiphasenspannung gewählt, weil die entsprechende Phasenspannung von 2300 V der verketteten Spannung des früher benutzten Systems gleich war. Aus diesem Grunde verwendet man allgemein in den V. S. Amerika Verteilerspannungen zwischen 4000 und 4800 V. Als Niederspannung wurde nach eingehenden Überlegungen 190/110 V gewählt, trotzdem 190 V von der Normalspannung von 220 V abweicht. Um die selbsttätige Spannungsregelung im Niederspannungsnetz, die den Bereich ± 10% bestreicht, zur Zufriedenheit aller dem Unterwerk benachbarten oder entfernteren Abnehmer ausnutzen zu können, ist derzeitig eine größte Spannungsabsenkung bis auf 95/165 V als zulässig üblich. Die normalen Kühlschrankmotoren laufen nämlich bei 95 V noch sicher an, bei 90 V allerdings nicht mehr. Da größere an der verketteten Spannung liegende Motoren bei 165 V noch nicht anlaufen, wird vielleicht die jetzige Grenze von 95/165 V noch hinaufgesetzt werden. In den Stadtgebieten wird die Kompensation des Spannungsabfalles durch selbsttätige Spannungsregelung der Bildung von vermaschten Netzen vorgezogen. Tatsächlich sind mehr als 50% des Verteilungsnetzes nicht vermascht. *Ob.*

Geräte und Stromrichter

DK 621.316.54

Explosionsgeschützte Steckvorrichtungen und Schalter. [Nach BBC-Nachr. 27 (1940) S. 23; 2 S., 10 B.]

Räume, in denen mit zerknallbaren Gasen und Dämpfen, wie Benzin-, Benzol-, Wasserstoff- oder Azethylengemischen zu rechnen ist, z. B. Gasanstalten, chemische Betriebe, Kraftwagenunterstände und Triebstofffüllstellen, Flugzeughallen, Montagewerkstätten u. a. müssen ausnahmslos mit explosionsgeschützten Geräten versehen werden. Da diese in älteren Anlagen oft noch unförmig in schweren Gußeisengehäusen zu finden sind, wird man das niedrige Gewicht und die kleine handliche Form der hier abgebildeten neuzeitlichen Geräte (Bild 1 u. 2) begrüßen, deren Gehäuse aus Hydronalium mit nur etwa einem Drittel des spezifischen Gewichtes von Gußeisen besteht. Die Geräte sind daher bedeutend leichter als gußeiserne und handlicher bei Versand und Montage, während sie anderseits doch rauher Behandlung ausgesetzt werden können. In Industriebetrieben, Hafenanlagen und Lagerplätzen, auf Schiffen und überall, wo mit der ätzenden Wirkung salzhaltiger Luft gerechnet werden muß, hat sich eloxiertes Hydronalium mit seewasserbeständigem Anstrich als der am besten geeignete Werkstoff bewährt.

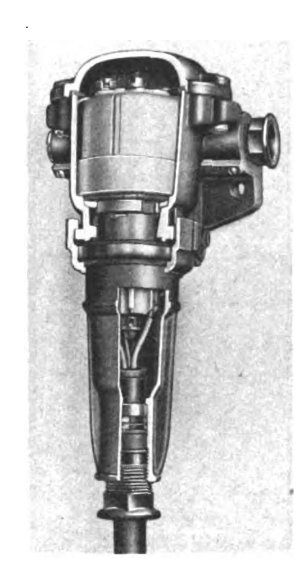


Bild 1. Aufgeschnittene explosionsgeschützte Steckdose mit Stecker.



Bild 2. Explosionsgeschützter Schalter mit Gehäuse aus Hydronalium.

Um den Leitungsanschluß bequem zu machen, liegen bei abgenommenem Gehäusedeckel die Anschlußklemmen bequem im Handbereich (Bild 3). Gegen seitliches Herausgleiten der Drähte sichern die hochgestellten Lappen der Klemmenunterteile; Zahnscheiben vermitteln einen elastischen Kontaktdruck, so daß auch Aluminiumleitungen angeschlossen werden können. Um Wackelkontakte zu vermeiden, werden nach dem Leitungsanschluß die Lappen einer verzinnten Sicherungsscheibe an den Schraubenflächen hochgeklappt und mit diesen nach VDE 0171 verlötet. Fachgerecht hergestellte Verbindungen können sich nicht selbsttätig lösen und die Anlage gefährden.

Ebenso wichtig für die Explosionssicherheit wie der dauerhafte Leitungsanschluß ist das Zusammenfügen aller Geräteteile, damit der Zutritt von Feuchtigkeit in das Innere vermieden wird. Nach dem Zusammenbau wird jedes einzelne Gerät im Laboratorium einer Druckprüfung mit 0,75 atü unterworfen; die Schaltkapsel aus Steatit im Gehäuseinnern wurde vorher schon diesem Prüfdruck ausgesetzt. Hierbei muß es sich erweisen, daß alle Teile die gewünschte und von der Prüfstelle der Chemisch-Technischen Reichsanstalt Berlin geforderte Genauigkeit aufweisen.

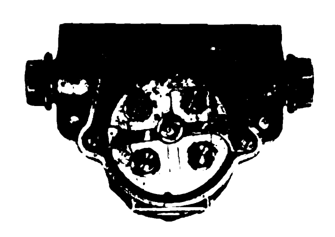


Bild 3. Explosionsgeschützte Steckdose mit abgenommenem Gehäusedeckel.

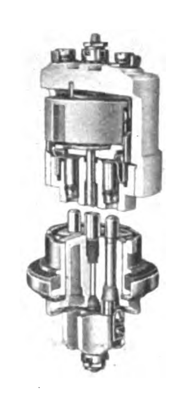


Bild 4. Aufgeschnittene Schaltkapsel einer Steckdose mit Steckeroberteil.

Der Schaltmechanismus liegt in einem Steatittopf, dessen Boden die Klemmen trägt und dessen untere Öffnung (Bild 4) durch ein geschliffenes Steatitstück, dem Träger der Steckerbuchsen, abgeschlossen ist. Flüchtig betrachtet könnte man behaupten, daß zwei keramische Flächen, auch wenn sie noch so fein aufeinander passen, nicht als eine zerknallsichere Dichtung wirken können. Tatsächlich kann auch ein zerknallfähiges Luftgemisch in den Schaltraum eindringen und dort zur Entzündung kommen. Aber wie in einer Grubenlampe das feinmaschige Drahtgitter mit seiner großen Oberfläche die heißen Verbrennungsgase abkühlt und eine Entzündung der sie umgebenden schlagenden Wetter verhindert, läßt hier der feine Luftspalt zwischen Steatittopf und drehbarem Einsatz mit seinen großen Abkühlflächen eine Entzündung nicht nach außen fortschreiten. Bei der Steckdose führen die Steckbuchsen, solange sie zugänglich sind, keine Spannung und können nur mit dem für sie bestimmten Stecker unter Spannung gesetzt werden. Erst nach dem Einführen dieses Steckers wird die Verriegelung gelöst und das Schließen des Stromkreises durch Rechtsdrehen des Steckers um 55° möglich. Gleichzeitig und zwangläufig damit wird der Stecker verriegelt und dadurch verhindert, daß Schaltfunken etwa im Raum vorhandene zerknallbare Gemische entzünden können. Um Beschädigungen oder chemische Einwirkungen zu verhindern, sind Steckdose und Schalter mit einem drehbaren Klappdeckel versehen, der durch Federkraft selbsttätig auf die Gehäuseöffnung gelegt wird, worauf er unter Druck bajonettartig verriegelt werden kann. *fi.*

DK 621.314.224.3

Die Überstromziffer und ihre Bedeutung für die Beurteilung und Vorausberechnung der Stromwandler. [Nach O. Franke, Arch. Elektrotechn. 35 (1941) H. 3, S. 127; 28 S., 17 B.]

An einen Stromwandler werden eine Reihe von Forderungen gestellt, wie Überstromziffer, Fehlergrenzen, thermische und dynamische Beanspruchung und Isolierfestigkeit. In der vorliegenden Arbeit wird untersucht, ob und inwieweit diese Forderungen miteinander verträglich sind. Es wird gezeigt, daß durch diese Bedingungen der Wandler in großen Zügen vollkommen bestimmt ist und daß der Überstromziffer eine wesentliche Bedeutung für die Beurteilung und Vorausberechnung des Wandlers zukommt.

Die Arbeit unterscheidet sich von den meisten anderen, die einen ähnlichen Gegenstand behandeln, dadurch, daß von vornherein zwischen dem durch die primären und sekundären Amperewindungen bestimmten Amperewindungsfehler

$$F = \frac{I_p w_1 - I_s w_2}{I_s w_2} \qquad (1)$$

und dem in den Wandlerregeln des VDE, REW 1932, definierten Stromfehler

$$f = \frac{\ddot{u}_N I_s - I_p}{I_p} \qquad (2)$$

($\ddot{u}_N$ Nennwert des Übersetzungsverhältnisses $\ddot{u} = I_p / I_s$) streng unterschieden wird; zwischen beiden Fehlergrößen besteht eine einfache Beziehung:

$$(1 + f)(1 + F) = \frac{\ddot{u}_N}{w} \qquad (3)$$

mit

$$w = \frac{w_2}{w_1}, \qquad (4)$$

die unter gewissen Voraussetzungen über die Größe der Fehler die folgende einfache Gestalt annimmt:

$$f = \Delta - F, \text{ wobei } \Delta = \frac{\ddot{u}_N}{w} - 1. \qquad (5)$$

An der Hand des Stromwandler-Diagrammes von Möllinger-Gewecke wird weiter gezeigt, daß der Höchstwert $\overline{F}$, den der Amperewindungsfehler annehmen kann (wenn der Fehlwinkel $\delta = 0$), durch die Kurve der reziproken Permeabilität des Wandlereisens als Funktion der Induktion $\overline{\mathfrak{B}}$

$$y = \frac{AW_0}{\overline{\mathfrak{B}}} = y(\overline{\mathfrak{B}}), \qquad (6)$$

den Daten des Wandlers und der gesamten Sekundärbürde z_2 bestimmt ist:

$$\overline{F} = \frac{z_2}{c} y \text{ mit } c = \frac{4{,}44\, \mathrm{f}\, F_k w_2^2 \cdot 10^{-8}}{l}. \qquad (7)$$

Ist nun n die Überstromziffer des Wandlers, also $n I_{pN}$ jener Strom, der in der Primärwicklung fließt, wenn der Stromfehler den Wert $\bar{f}_{\ddot{U}} = -0{,}1$ annimmt, und $\overline{\mathfrak{B}}_{\ddot{U}}$ die zugehörige Induktion, so ergibt sich auf Grund einfacher Überlegungen:

$$n = \frac{1}{0{,}9} \frac{\overline{\mathfrak{B}}_{\ddot{U}}}{\overline{\mathfrak{B}}_N} \ddot{u}_N \frac{I_{sN}}{I_{pN}}. \qquad (8)$$

Die in dieser Formel noch unbekannte Induktion $\overline{\mathfrak{B}}_{\ddot{U}}$ ergibt sich aus der Kurve (6), wenn man berücksichtigt, daß nach (7)

$$y_{\ddot{U}} = \frac{c}{z_2} \overline{F}_{\ddot{U}}, \qquad (9)$$

wobei $\overline{F}_{\ddot{U}}$ den Wert des maximalen Amperewindungsfehlers ($\delta = 0$) bedeutet, der zu $\bar{f}_{\ddot{U}} = -0{,}1$ gehört und aus Gl. (3) leicht gerechnet werden kann:

$$\overline{F}_{\ddot{U}} = 0{,}111 + 1{,}11\,\Delta. \qquad (10)$$

Sind hingegen die Überstromziffer und die Magnetisierungslinien des Wandlereisens gegeben und die gewünschte Klassengenauigkeit des Wandlers vorgeschrieben, so kann der Wandler in seinen wichtigsten Größen vorausberechnet werden, wenn eine naheliegende Annahme über den Verlauf der Kurve des maximalen Stromfehlers $\bar{f}$ zugrunde gelegt wird. Auf Grund dieser Annahme gelingt es nämlich, die Größen c und Δ zu ermitteln und daraus die wichtigsten Bestimmungsgrößen zu berechnen.

An Rechnungsbeispielen wird sowohl die Ermittlung der Überstromziffer eines gegebenen Wandlers, als auch die Vorausberechnung eines Wandlers und die Ermittlung der für einen gegebenen Wandler bei vorgeschriebener Klassengenauigkeit zulässigen Höchstbürde gezeigt.

Elektrische Maschinen

DK 621.314.214 : 621.316.722

Mehrwicklungs-Transformatoren mit Blindleistungsmaschinen zur Spannungsregelung von Netzen. [Nach H. P. St. Clair, Electr. Engng. 59 (1940) Transactions S. 212; 5 S., 17 B.; Disk. 1/2 S., 1 B.]

In Umspannwerken zum Herabsetzen der Spannung bieten Dreiwicklungstransformatoren eine oft benutzte Möglichkeit, um Blindleistungsmaschinen anzuschließen, vor allem wenn die Sekundärspannung zu hoch ist, um die Maschinen unmittelbar anzuschließen. Je nach der Bemessung des Transformators wirken die Blindleistungsmaschinen auf die Netzspannungen verschieden ein. Es lassen sich drei Bauarten mit verschiedenen Wicklungsanordnungen unterscheiden. Bei der ersten Bauart liegt die Tertiärwicklung zum Anschluß der Blindleistungsmaschine am Eisenkern. Es folgt dann



von innen nach außen die Sekundär- und schließlich die Primärwicklung. Die Blindleistungsmaschine wirkt so, als ob sie an die sekundären Sammelschienen angeschlossen sei. Durch verschiedene Erregung der Maschine kann die Streuung zwischen der Sekundär- und Primärwicklung zur Spannungsregelung ausgenutzt werden. Bei der zweiten Bauart ist die Anordnung der Wicklungen so getroffen, daß im Ersatzschaltbild die Maschine als zwischen der Primär- und Sekundärwicklung angeschlossen betrachtet werden kann. Es liegt also in diesem Fall sowohl zwischen dem Anschlußpunkt der Maschine und den Primärklemmen als auch den Sekundärklemmen eine Induktivität. Für eine bestimmte Spannungsänderung auf der Sekundärseite ist dann gegenüber der ersten Bauart eine größere Blindleistung erforderlich. Damit wird aber auch die Rückwirkung auf die Primärseite größer, und es gelingt so, neben der Sekundärspannung auch die Primärspannung wenigstens annähernd konstant zu halten.

Die dritte Bauart mit einer Wicklungsanordnung Tertiär-Primär-Sekundärwicklung von innen nach außen erreicht, daß die Blindleistungsmaschine so wirkt, als ob sie an die primären Sammelschienen angeschlossen ist. Diese Anordnung eignet sich also nur dazu, die Spannung auf der Primärseite konstant zu halten.

Erscheinen diese Lösungen gegenüber der in Deutschland gebräuchlichen Verwendung von Transformatoren mit Stufenregeleinrichtung schon reichlich umständlich, so gilt dies ganz besonders von den nun behandelten Vierwicklungs-Transformatoren. Während man in Deutschland danach trachtet, durch weitgehende Regelbarkeit möglichst vielseitig verwendbare Transformatoren zu erhalten, hat man Sonderbauarten für bestimmte Einzelfälle entwickelt. So wird ein Vierwicklungs-Transformator für 40 MVA beschrieben, der innen am Eisenkern eine 4 kV-Wicklung aufweist, an die Blindleistungsmaschinen für 10 MVA angeschlossen werden. Dann folgt eine 66 kV-Wicklung, die durch diese Blindleistungsmaschinen geregelt werden soll. Als nächste folgt die Primärwicklung mit 132 kV und als letzte ganz außen eine 11 kV-Wicklung zum Anschluß einer weiteren Blindleistungsmaschine von 36 MVA zur Regelung der 132 kV. Damit weist der 40 MVA-Transformator mindestens eine Typenleistung von 63 MVA auf. Die Spannungsregelung soll sowohl auf der 66 kV- als auch auf der 132 kV-Seite mit dieser Anordnung sehr zufriedenstellend arbeiten. *Scha.*

Meßgeräte und Meßverfahren

DK 621.317.785.001.4 : 621.383

Prüfen von Zählern mit photoelektrischen Einrichtungen. [Nach T. A. Abbot, Gen. Electr. Rev. 43 (1940) S. 244; 4 S., 4 B.]

Das Streben nach erhöhter Genauigkeit beim Prüfen von Einphasen-Wechselstromzählern führte zu photoelektrisch arbeitenden Prüfeinrichtungen, die neben einer gesteigerten Genauigkeit den Prüfer entlasten und die Prüfkosten verringern sollen[1]). Die Wirkungsweise einer solchen, mit Eichzählern arbeitenden Prüfeinrichtung ist folgende: Ein Lichtstrahl wird parallel zur Achse der Zählerscheibe auf diese Scheibe geworfen, die den Strahl bei jeder Umdrehung zweimal durch die Löcher für die Leerlaufhemmung freigibt und auf eine Photozelle fallen läßt. Die Impulse der Photozelle werden verstärkt auf ein nach Art der in der Fernsprechtechnik üblichen Drehwähler aufgebautes Schrittschaltwerk gegeben, an dem eine beliebig wählbare Zahl von Umdrehungen einstellbar ist. Mit Beginn der ersten Umdrehung wird die Spannungsspule des Eichzählers ein- und nach Ablauf der eingestellten Zahl von Umdrehungen abgeschaltet. Die Genauigkeit der Drehzahlabnahme wird zu 0,004% für eine Umdrehung angegeben, so daß praktisch nur der Fehler des Eichzählers in die Messung eingeht. Photozelle und Lampe sind an einem Stativ befestigt, Verstärker, Zählwerk u. a. in einem tragbaren Kasten untergebracht. Ein besonders zeitsparendes Verfahren soll sich ergeben, wenn laufend zwei Zähler mit je einer photoelektrischen Anordnung und je einem Eichzähler geprüft werden, wobei jeweils der eine Zähler läuft, während der andere angeschlossen und eingestellt wird. Bei Wechselstromzählern, deren Scheiben keine Löcher aufweisen, und bei Drehstromzählern kann ein kleiner Spiegel auf die Achse aufgebracht werden.

Es sei bemerkt, daß ein in Deutschland bekanntes nach ähnlichem Prinzip arbeitendes Verfahren mit dem sogenannten „elektrischen Auge[2])" den Vorteil hat, daß der Zähler für die photoelektrische Abnahme der Umdrehungen nicht geöffnet zu werden braucht und Spiegel oder Löcher in der Scheibe nicht erforderlich sind, da die durch die Marke auf der Zählerscheibe verursachte Reflexionsänderung den Takt für die Umdrehungen angibt. Das photoelektrische Verfahren wird in seinen Eigenschaften den bekannten Prüfverfahren mit Leistungsmesser und Stoppuhr, dem Gleichlaufverfahren und dem stroboskopischen Verfahren gegenübergestellt. Ein Vergleich der verschiedenen Verfahren hinsichtlich Anlernzeit und Ermüden des Prüfers, Zeitaufwand für die Messung und erzielbarer Genauigkeit ergibt mancherlei Vorteile des photoelektrischen Verfahrens. *W. Hl.*

[1]) A. Kuntze, ETZ 60 (1939) S. 591.

[2]) O. Nölke, Arch. techn. Messen (1936) Z 733—3. Okt. 1936.

DK 621.317.42 : 621.396.81

Genauigkeit von Feldstärkemessungen. [Nach J. D. Veegens u. J. J. Zaalberg van Zelst, Philips techn. Rdsch. 5 (1940) S. 141; 5½ S., 6 B.]

Die üblichen Feldstärkemeßgeräte bestehen im wesentlichen aus einer wohldefinierten Empfangsantenne, meist einem Rahmen, und einem Röhrenspannungsmesser. Selbst bei sorgfältigem Aufbau läßt es sich kaum vermeiden, daß die Empfindlichkeit des Röhrenspannungsmessers von der Einstellung der Abstimmkreise, den Betriebsgleichspannungen u. a. abhängt. Die Meßgenauigkeit ist dann vor allem durch die Genauigkeit bestimmt, mit der der Röhrenspannungsmesser geeicht wird. Bei dem beschriebenen registrierenden Feldstärkemesser wird zum Eichen mittels Hilfssender an einem im Rahmenkreis liegenden niederohmigen Widerstand von etwa 0,1 Ω eine Eichspannung erzeugt. Der Eichwiderstand besteht aus 15 parallelgeschalteten, 25 μ dicken und 1 mm langen Chromnickeldrähten, sodaß er induktionsfrei ist und sein Widerstand bei 50 MHz um weniger als 1% vom Gleichstromwert abweicht. Die Oberwellen des Hilfssenders beeinflussen die Eichgenauigkeit praktisch überhaupt nicht, wenn der Hilfssenderstrom mit einem Thermostrommesser bestimmt wird. Die Unsymmetrie des Rahmenkreises, die durch den Eichwiderstand bedingt ist und einen sogenannten Hochantenneneffekt zur Folge hat, ruft eine Ungenauigkeit von höchstens 1% hervor. Der Fehler, der von den Teilkapazitäten der Verbindungsleitungen zwischen Rahmen und Röhrenvoltmeter gegeneinander und gegen Gehäuse herrührt, kann bis auf 1% und weniger kompensiert werden. Unter Berücksichtigung der übrigen Fehlerquellen wird die Ungenauigkeit des Feldstärkemeßgerätes insgesamt auf 4% geschätzt, was für die meisten Zwecke ausreichend erscheint. Bemerkenswert ist der große Frequenzbereich (0,15 bis 25 MHz). *H. Bkm.*

Verkehrstechnik

DK 621.396.933.1 + 23

Anzeigegerät für Blindflug und Blindlandung. [Nach Luftwissen 7 (1940) S. 122; 2 S., 1 B.]

Das sogenannte Flugstrahlgerät der Sperry Gyroskope Company (Bild 5) bringt dem Flugzeugführer mit Hilfe einer Braunschen Röhre die Anzeigen mehrerer Flugüberwachungsgeräte gleichzeitig zu Gesicht. Der mittlere Teil des Schirmes trägt als Bezugsmarke einen Schattenriß des Flugzeuges. Die Lage des Horizontes wird nach Quer- bzw. Längsrichtung durch die Quer- bzw. Höhenlage des durch das ganze Anzeigefeld gehenden Striches angezeigt, die Abweichung der Flugzeuglängsachse von dem eingestellten Kurs durch den kleinen senkrechten Strich am oberen Rande des Anzeigefeldes, die Fluggeschwindigkeit durch den kurzen waagerechten Strich, der mit wachsender Geschwindigkeit senkrecht in der Mitte des Schirmes nach oben steigt. Die Lage des vorgeschriebenen Flugweges, der durch Funkleitstrahl und Höhenmesser oder bei der Blindlandung durch Gleitwegbake gegeben ist, kommt durch den im Bild sichtbaren Kreis zur Anzeige; es wird also ganz sinnfällig so gesteuert, daß die Mitte des Flugzeugabbildes in dem Kreis bleibt. Beim Überfliegen der Einflugzeichen leuchten die beiden Lämpchen im oberen Teil des Gehäuses auf. Unter

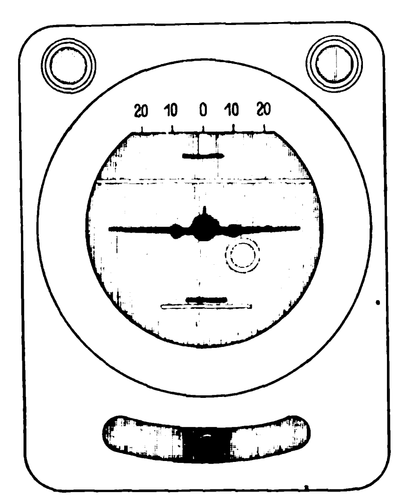


Bild 5 Vorderseite des Flugstrahlgerätes.



der Röhre ist die übliche Kugellibelle angebracht, an der man erkennen kann, ob die Flugrichtung relativ zur Luft in der Symmetrieebene des Flugzeuges liegt, oder ob das Flugzeug schiebt. Die Steuerung der zum Ablenken des Leuchtstrahles der Röhre erforderlichen Spannungen durch die mechanischen Anzeigegeräte, Kurskreisel, Horizont, Höhenmesser und Fahrtmesser geschieht elektromagnetisch mit einer angepaßten Ausführung der „Telegon" Wechselstrom-Selsyn-Einheit. Die Instrumente werden etwa 30 bis 60 mal in der Sekunde abgetastet, um Flackereindrücke auf das Auge zu vermeiden. Der dazu erforderliche Umschalter ist nach mehreren anderen Versuchen jetzt als mechanischer Schalter ausgeführt, der auch Spannungen zum Unterdrücken der Ein- und Ausschaltspuren schaltet. Der Leistungsbedarf beträgt 100 W; zur Stromversorgung dient ein Umformer von 24 V Gleichspannung (Bordnetz) auf 2000 V für die Röhre mit Gleichrichter. Benutzt wird also ein einziges Anzeigegerät für sechs verschiedene, sich aus Platz- und Anschaulichkeitsgründen durchdringende Anzeigen für Kurs, Geschwindigkeit, Quer- und Längslage, seitliche und senkrechte Abweichung von der gewollten Flugbahn; die beiden letzteren Paare sind zu sinnfälligen zweidimensionalen Anzeigeformen zusammengefaßt. Das Gerät hat keine beweglichen Bauteile mit ihren Abnutzungs-, Reibungs- und Auswuchtschwierigkeiten. Es erscheint als Anzeichen für den Beginn einer aus Sicherheitsgründen und zur Verkürzung der fliegerischen Ausbildung notwendigen Entwicklung zum sinnfälligen Blindfluggerät trotz des großen Aufwandes beachtenswert. *Hpe.*

Fernmeldetechnik

DK 621.397.611

Die neuere Entwicklung der Fernsehbildgeber- und Studiotechnik in Deutschland. [Nach J. G. Weiß, Postarch. 68 (1940) S. 68; 52 S., 39 B.]

Die vorliegende Arbeit gibt einen Überblick über die gesamte Schaltungstechnik und den konstruktiven Aufbau des Speicherröhren-Bildzerlegers sowie der zugehörigen Impulserzeuger und notwendigen Regieeinrichtungen eines neuzeitlichen Fernseh-Aufnahmeraumes. Bild 6 gibt die Prinzipschaltung eines solchen Fernsehstudios wieder. Die Aufteilung der Anlage in Gestelle ist durch strichpunktierte Linien zu erkennen. Die Gestelle sind durch Kabel miteinander verbunden. Der Kamerazug ist aufgeteilt in die eigentliche Kamera und das Kameragestell. Die Verbindung wird durch ein bewegliches Spezialkabel hergestellt. Die Kamera enthält die Abtaströhre nebst Optik und den aus elektrischen Gründen unbedingt notwendigen Schaltgliedern, wie Vorverstärker, Zeilenablenkendstufe und Austaststufe. Der Einbau in der Kamera ist wegen der sonst im Kabel auftretenden Verzerrungen und Verluste erforderlich. So bringt z. B. der Vorverstärker (Anpassung des Kabelwellenwiderstandes an den hohen Innenwiderstand der Speicherröhre) einen Empfindlichkeitsgewinn von etwa 10^4. Der Eingangswiderstand des Vorverstärkers soll so hoch gewählt werden, daß das Rauschen der Eingangsröhre wesentlich kleiner als das nicht vermeidbare Rauschen der Speicherröhre wird. Die hierbei auftretenden Amplituden- und Phasenverzerrungen müssen in einer späteren Stufe kompensiert werden. Die Gesamtverstärkung des Vorverstärkers beträgt etwa 10 bis 30. Die Erzeugung der Strahlablenkung geschieht im Kameragestell und wird für die Bildablenkung in voller Amplitude, für die Zeilenablenkung wegen der Kabelanpassung in kleiner Amplitude den Ablenkorganen bzw. der Zeilenendstufe zugeführt. Aus demselben Grunde geschieht die Übertragung des Austastgemisches in kleiner Amplitude. Für das Austastgemisch und die Zeilenablenkung sind daher Endstufen in der Kamera eingebaut. Wegen der höheren Strahlschärfe insbesondere an den Rändern wird die magnetische Ablenkung gegenüber der statischen bevorzugt.

Das Bildsignal wird über das Kamerakabel dem im Kameragestell eingebauten Zwischenverstärker zugeführt. Die Zwischenverstärkung geschieht entweder niederfrequent oder mit dem im gesamten Studio verwendeten 8,4 MHz-Träger trägerfrequent. Der Vorteil der Trägerfrequenz liegt in der Hauptsache in dem geringen Aufwand bei der Beruhigung der Stromquellen sowie in der Möglichkeit der Austastung des Bildsignals an beliebigen Stellen. Der Nachteil liegt in der wegen des kleinen Bildsignals (einige mV) erforderlichen Brücken- und Stabilisierungsschaltung. Außerdem besteht die Gefahr eines zu hohen Zusatzrauschens in der Modulationsstufe. In Zukunft wird sich wohl die niederfrequente Verstärkung bis zu einem Modulationspegel von etwa 1 V durchsetzen.

Außerdem befindet sich im Kameragestell die Störsignalkompensation. Diese hat die Aufgabe, die durch den Ablenkvorgang auf der Speicherplatte entstehende Potentialverteilung

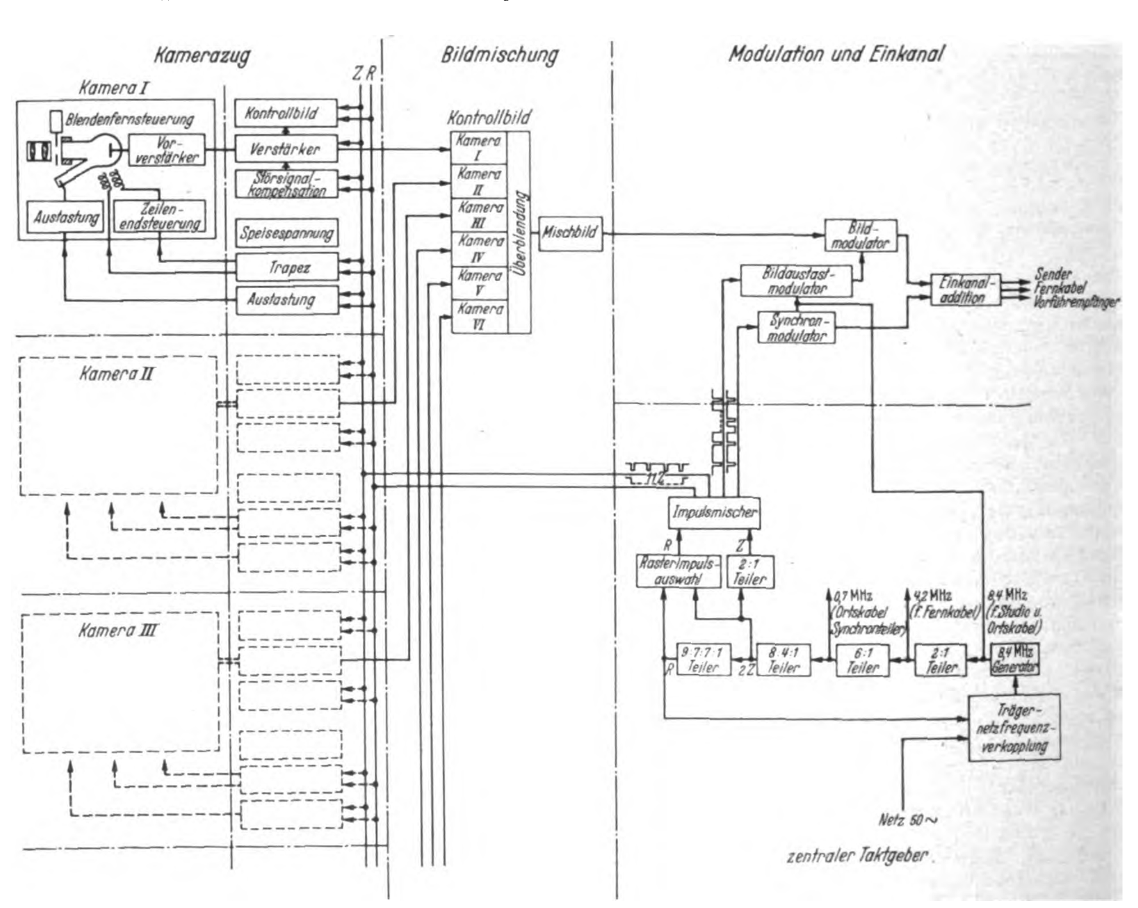


Bild 6. Prinzipschaltung eines Fernseh-Aufnahmeraumes.



die sich im Fernsehbild als Abschattierung oder dunkle Wolken bemerkbar macht, durch Hinzufügen eines spiegelbildlichen Signals zu kompensieren. Die richtige Einstellung sämtlicher Schaltglieder wird an einem Kontrollbild, das sich ebenfalls im Kameragestell befindet, überprüft. Von den einzelnen Kameragestellen gehen die gelieferten Bildsignale zum Mischpult, wo die Auswahl der Bilder auf Anforderung der Regie stattfindet. Das Überblenden von einem Bild zum anderen geschieht entweder niederfrequent oder trägerfrequent. Der Vorteil der trägerfrequenten Überblendung liegt in der bequemen Übertragung der Grundhelligkeit (Amplitude der Trägerfrequenz), bedingt jedoch einen erheblichen Aufwand für die Einstellung der richtigen Phasenlage der Bilder.

In konstruktiver Hinsicht entspricht die Kamera weitgehend den Bedingungen, die auch an eine Filmkamera zu stellen sind. Besonderer Wert ist auf die Abschirmung der einzelnen Schaltglieder, wie Speicherrohr, Vorverstärker usw. zu legen, da nicht geschirmte Teile als Antennen wirken und wegen des breiten Frequenzbandes Anlaß zu Störungen geben. Der Vorverstärker ist möglichst schalldicht anzuordnen, um die sonst auftretenden mechanischen Schwingungen in den Röhrensystemen, die eine zusätzliche Modulation bedeuten, zu vermeiden.

Ein zentraler Taktgeber liefert an die einzelnen Geräte die der Norm entsprechenden Impulse. Diese müssen phasenstarr miteinander verkoppelt sein (zulässige Phasenschwankungen kleiner als $1{,}4 \cdot 10^{-7}$ s), um saubere Bilder zu erhalten. Die Verkoppelung erfolgt im allgemeinen durch Abbau mittels Frequenzteilerschaltungen, deren einzelne Stufen aus synchronisierten Impulsgeneratoren bestehen. Die hierbei auftretenden Schwankungen liegen in der Größenordnung der Grenzfrequenzperiode. Eine absolut starre Verkopplung erhält man, wenn man die beim Abbau gewonnenen Impulse als Hilfsimpulse zur Auswahl bestimmter Impulse aus der doppelten Zeilenfrequenzimpulsreihe benutzt.

Da alle Geräte einer Fernsehanlage in der Regel wechselstromnetzgespeist sind, läßt sich eine gewisse Restwelligkeit nur mit großem Aufwand an Siebmitteln vermeiden. Die Restwelligkeit wirkt sich auf den Verstärker als Helligkeitschwankungen (Querbalken im Bilde) und auf die Ablenkschaltung als Geometrieverzerrung aus, die im allgemeinen im Bilde durchlaufen würden. Durch Verkopplung der Rasterwechselfrequenz mit der Netzfrequenz, die ebenfalls im Taktgeber vorgenommen wird, bringt man diese Verzerrungen im Bilde zum Stehen, wodurch sie dem Auge weniger störend erscheinen.

Der Einkanalmodulator hat die Aufgabe, die Bildsignale zusammen mit dem Synchronpegel der Trägerfrequenz 8,4 MHz aufzumodulieren, so daß diese der für Deutschland festgelegten Fernseh-Rundfunknorm entspricht. Der vom Taktgeber gelieferte Träger speist zwei Modulationsgeräte, deren eines die Synchronzeichen und deren anderes die Austastimpulstastung vornimmt. Der ausgetastete Träger geht dann zum eigentlichen Bildmodulator, worauf die beiden Trägeranteile nach entsprechender Phaseneinstellung in der Endstufe addiert werden.

Zu diesem im Bild 6 aufgeführten Gerät treten noch bei der geplanten Schaffung eines Zentralstudios für Deutschland in Berlin für die Regie wertvolle Geräte, so z. B. Diapositivabtaster, Pausenzeichen-, Textbild- und Titelgeber. Weiter ist für den Berichterdienst ein Fernsehkabelnetz vorgesehen, an das die Kameras angeschlossen werden können. Die Übertragung des Taktes geschieht hierbei über einen aus dem 8,4 MHz-Träger gewonnenen 0,7 MHz-Träger. Durch diese Maßnahme hat man die Möglichkeit, das Reportagebild dem Studiobild zu überblenden. Außerdem sind noch leichter bewegliche Aufnahmekameras vorgesehen, die auf Dezimeterwellen über Relaissender dem Studio Bilder mit eigenem Takt liefern. Diese lassen sich jedoch nicht überblenden. Für die Sicherstellung eines fließenden Programmablaufes sind zwischen den verschiedenen künstlerischen und technischen Stellen Signaleinrichtungen vorhanden bzw. geplant. Für eine gute Signalanlage ist die Aufgabentrennung wesentlich. Es wird in einer Tabelle die nach Ansicht des Verfassers zweckmäßige Aufgabentrennung wiedergegeben. *tt.*

DK 621.315.211

Wasserdurchlässigkeit von Kunststoffmänteln für Fernmeldekabel[1]). [Nach P. O. Schupp, Europ. Fernsprechdienst (1940) 55. Folge, S. 110; 6½ S., 9 B.]

Die Frage der Umstellungsmöglichkeit des Bleimantels der Fernmeldekabel mit Papierisolierung ist von besonderem Interesse. Neben Aluminium als Kabelmantel-Baustoff sind besonders Versuche mit Kunststoffen angestellt worden. Die Kunststoffindustrie hat in den letzten Jahren einen derartigen Aufschwung genommen, daß eine ganze Reihe von Stoffen zur Verfügung steht, die für die Kabelmäntel geeignet erscheinen. Dabei hat sich aber gezeigt, daß eine vollkommene Wasserundurchlässigkeit noch nicht erzielt werden konnte. Daher wurde untersucht, welche Mindestforderungen man an die Wasserdurchlässigkeit des Kunststoffes zu stellen hat, um doch noch einen sicheren Betrieb mit Papierkabeln und Kunststoffmänteln erhalten zu können.

Die Wasserdurchlässigkeit von Kunststoffen ist ein Diffusionsvorgang, bei dem ein Gleichgewichtszustand nach einer gewissen Zeit eintritt, die von dem Diffusionswiderstand der Trennwand abhängig ist. In Anlehnung an die mathematische Behandlung dieses Vorgangs durch Fick erhält man für die Gesamtmenge N des diffundierten Wassers folgende Gleichung:

$$N = \frac{D\, q\, t\, \Delta p}{l}.$$

Hierbei ist N in g, der Querschnitt q in cm², die Dicke l in cm, die Zeit t in Stunden und die Druckdifferenz $\Delta p = p_1 - p_2$ in mm Hg (Torr) gemessen. Die Diffusionskonstante D wird danach definiert als Wassermenge in g/cm² Fläche/cm Länge/Stunde/Torr. Bei Kunststoffen soll der Kabelmantel wasserundurchlässig sein, d. h. die Wasserdurchlässigkeit soll Null sein. Da dies nicht zu erreichen ist und die Wasserdurchlässigkeit einen endlichen Wert 10^{-a} hat, wird untersucht, wie groß der Exponent a sein darf, um noch einen einwandfreien Betrieb des Kabels sicherzustellen. In der oben angegebenen Gleichung ist die Zeit t dafür maßgebend, wie lange das Kabel in Betrieb sein soll. Es werden 20 Jahre angenommen, während welcher Zeit die Diffusion der Wassermenge N nicht so groß werden darf, daß Störungen im Betrieb eintreten. Die Größen q und l sind durch die geometrischen Abmessungen des Kabels gegeben. Für Δp werden für diese überschlägigen Betrachtungen 8 Torr angesetzt. Für das zylinderförmige Kabel wird die Gleichung zur Berechnung von D umgeformt; dann ist

$$N = \frac{D\, 2\pi\, L\, t\, \Delta p}{\ln \frac{r_2}{r_1}}.$$

Die Berechnung der Diffusionskonstanten D ist in einer Kurvenschar dargestellt. Als Endergebnis wurde für die unterste Grenze der Diffusionskonstanten $D = 10^{-12}$ errechnet. Es werden Anordnungen zur Messung von Diffusionskonstanten nach der Druckmethode, zur Messung der Wasserdurchlässigkeit von Kabelmänteln und ferner dazu gehörige Apparaturen im Bilde gezeigt. In einer Übersicht werden die gemessenen Diffusionskonstanten verschiedener Stoffe aufgeführt; es sind Mittelwerte an mehreren gleichartigen Proben, die im konstanten Diffusionsstrom gemessen wurden. Die Auswertung der Fickschen Gleichungen ergibt nur für den stationären Fall einfache Beziehungen. Dieser Zustand ist aber von der Dicke des untersuchten Werkstoffes abhängig. Es zeigen sich aber Anlauferscheinungen, bis sich ein konstantes Konzentrationsgefälle einstellt. Diese Anlaufzeiten sind in einer Tafel für eine Reihe von Kunststoffen zusammengestellt. Die Messungen zeigten, daß Oppanol der für Kabelmäntel am besten geeignete Kunststoff ist. Die Kabelmäntel aus diesen Stoffen würden unter ungünstigsten Bedingungen eine Lebensdauer von zehn Jahren haben. *Kbr.*

[1]) S. a. dieses Heft, S. 427.

Werkstatt und Baustoffe

DK 621.822.6

Wälzlager in Leichtmetallgehäusen. [Nach R. Weigand, Aluminium 22 (1940) S. 345; 3½ S., 8 B.]

Bei kleinen Lagern, bei welchen die spezifischen Berührungsdrücke zwischen Lageraußenring und Gehäusebohrung klein sind, werden keine Schwierigkeiten auftreten, wenn die Bearbeitung der Werkstücke für den Einbau von Wälzlagern genügend genau ist und keine wesentlichen Temperaturänderungen auftreten.

Bei höheren Belastungen und Temperaturen müssen dagegen hinsichtlich der Bohrungstoleranzen Sondervorschriften beachtet werden. In das Leichtmetallgehäuse wird meistens eine Stahlbuchse zur Aufnahme des Lageraußenringes eingesetzt, wenn bei größeren Belastungen durch Stöße oder höhere Temperaturen eine größere Widerstandsfähigkeit erforderlich

ist. Es wird darauf hingewiesen, daß der Querschnitt des Leichtmetallgehäuses an der Lagerstelle möglichst gleichmäßig gehalten werden muß, damit dieses keine Verformung erfährt, wenn durch Erwärmung des eingesetzten Ringes eine Aufweitung des Gehäuses eintritt. Eine Verformung wirkt sich ungünstig auf den Wälzlageraußenring aus und beeinflußt somit auch den Abwälzvorgang im Lagerinnern.

Wegen des Zusammendrückens der Dreh- bzw. Schleifriefen wird der Sitz des Lagerringes je nach Betriebsverhältnissen und Höhe der Belastung immer etwas loser. Daher wird die Passung auch in Normalfällen zweckmäßig etwas enger vorgesehen.

Von der Lagerluft in einer Wälzlagerung ist im wesentlichen der betriebssichere Lauf abhängig. Die Lagerluft ihrerseits ist bestimmt durch das Istmaß der Welle, der Bohrung des Lageraußenringes, der Gehäusebohrung, durch das Lagerspiel vor dem Einbau und die auftretenden Temperaturen. Die Lagerluft muß jeweils so bemessen sein, daß in keinem Fall ein Verklemmen der Wälzkörper eintreten kann, bei Einengung darf der zulässige Wert der Verspannung im Lager nicht überschritten werden. Andererseits ist zu große Lagerluft nicht erwünscht wegen ungünstiger Verteilung der Last bei radial beanspruchten Lagern. Bei starkem Aufgehen der Gehäusebohrung müssen jedoch noch günstige Sitzeigenschaften erhalten bleiben. Aus diesen Erwägungen heraus müssen die Grenzfälle genau untersucht werden, um eine allen Anforderungen gerecht werdende Lösung zu finden. In der vorliegenden Arbeit werden an einem Beispiel die verschiedenen Einflüsse übersichtlich dargelegt und auch die Rechnungsmethoden für die Ermittlung der maßlichen Veränderungen angegeben.

Der Sitz einer Stahlbüchse im Leichtmetallgehäuse soll so stramm sein, daß ein Lösen selbst bei der ungünstigsten Temperatur nicht zu erwarten ist. Dagegen wird der Sitz des Lageraußenringes in der Büchse weniger stramm gewählt, da hier die Gefahr des Einschlagens oder Fressens beim Drehen des Ringes nur gering ist. *P. Bl.*

Verschiedenes

DK 621.386.12

Eine Röntgenanlage für 1,4 Mill V konstante Gleichspannung[1]**.** [Nach E. E. Charlton u. H. S. Hubbard, Gen. Electr. Rev. 43 (1940) S. 272; 8 S., 13 B.]

Diese Anlage wird in dem National Bureau of Standards in Washington aufgestellt und soll für Dosierungs- und Meßzwecke bei Strahlungen von 400 kV bis 1400 kV dienen. Der Hochspannungserzeuger der Anlage ist kaskadenförmig ausgeführt und besteht aus zehn in einer runden Säule übereinander angeordneten Hochspannungsgleichrichtern für je 140 kV in der sogen. Greinacher-Liebenowschen Spannungsverdopplungsschaltung. Hierbei sind die Organe jeder Kaskade in ölgefülltem Herkolit-Zylinder mit Stahldeckel und Herkolit-Boden untergebracht. In den neun unteren dieser zehn Bauelemente hat der Hochspannungstransformator eine dritte (Überträger-)Wicklung, an die die Primärseite der nächsten Stufe angeschlossen ist. In jeder Stufe befindet sich ferner ein von diesem Haupttransformator getrennter Heiztransformator mit je einer Wicklung für die beiden Ventilröhren und einer zusätzlichen Wicklung, die wiederum zur Primärseite des Heiztransformators der nächsten Stufe führt, mit Ausnahme der obersten Kaskade, in der eine dritte Wicklung den Strom für die Kathodenheizung der Röntgenröhre liefert. Gespeist wird die Anlage über einen Motorgenerator mit Einphasen-Wechselstrom von 220 V, 60 Hz (Bild 7). Das Regeln der Hochspannung geschieht mit der Magneterregung auf der Generatorseite, das Einstellen der Ventilröhrenheizung induktiv auf der Primärseite des Heiztransformators für die erste Stufe. Je nachdem, ob mit hoher oder niedriger Spannung im Dauerbetrieb gearbeitet werden soll, lassen sich außerdem einzelne Kaskaden zu- oder abschalten. In jede Stufe ist ein von außen zu betätigender Umschalter eingebaut, der die Ventilröhrenanschlüsse zu vertauschen ermöglicht, so daß der Hochspannungserzeuger auch umgekehrt gepolt in Betrieb gesetzt werden kann.

Die Röntgenröhre besteht ebenfalls wie der Hochspannungserzeuger aus 10 Stufen und ist wie dieser senkrecht angeordnet, wobei sich die verstellbare Kathode oben in einem elektrostatischen Sammelschirm und die geerdete Anode unten in einem verlängerten Rohr befindet. Gepreßtes Pyrexglas ist der Baustoff für die einzelnen Elemente, an die gußbronzene Flansche als Träger für die Zwischenelektroden aus Messing angeschmolzen sind. Zum Schutz gegen mechanische Beanspruchungen sind die Glaszylinder noch von Herkolit-Rohren umgeben. Der Kathodenkörper ist weich angelötet und kann daher erforderlichenfalls rasch ersetzt werden. Die Kupferanode wird zusammen mit der Wandung des Anodenrohres durch fließendes Wasser gekühlt. Unten an der Röntgenröhre liegt der Anschluß für die Vakuumpumpe. Zur Kompensation des äußeren magnetischen Feldes befindet sich am Kathodenkörper ein Permanentmagnet, während Größe und Belegung des Brennflecks durch eine Sammelspule an der untersten Stufe maßgeblich bewirkt wird.

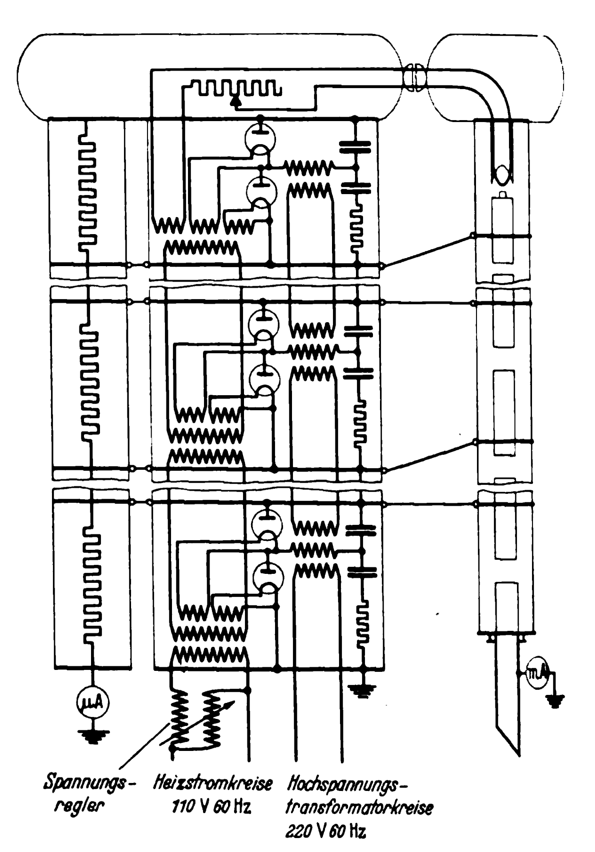


Bild 7. Schaltung der Röntgenanlage für 1,4 Mill V.

Die Spannungszuführung zur Röntgenröhre geschieht stufenweise durch Aluminiumrohre. An den Verbindungsstellen der einzelnen Stufen sind bei der Röntgenröhre ebenso wie bei dem Hochspannungserzeuger Sprühwülste und an den oberen Enden Sprühkappen angebracht. Ein 10stufiger Hochohmwiderstand für Meßzwecke ist nahe am Spannungserzeuger in einer Säule aufgebaut und ebenfalls mit Sprühwülsten und Sprühkappe versehen. Ein in Reihe mit ihm geschaltetes Mikroamperemeter dient zur Messung des Widerstandsstromes, aus dessen Wert nach einer Eichkurve die Generatorspannung ermittelt werden kann. Der Hochspannungserzeuger erfordert eine Bodenfläche von $2{,}4 \times 2{,}6\ m^2$, hat 9,3 m Höhe und wiegt 18,1 t. Die Meßsäule hat 0,62 m Durchmesser. Die Röntgenröhre hat 7,46 m Höhe, 0,3 m Röhrendurchmesser und einen Kathoden-Heizdraht von 0,22 mm Durchmesser. Die Temperatur des Heizdrahtes beträgt bei 5 A Heizstrom rund 2100° C. Die Zwischenelektrode ist 0,51 m lang, ihr lichter Durchmesser beträgt 0,18 m. Die Neigung der Anode ist 22°, der Durchmesser der Wolframsonde 101,6 mm, die Stärke der Wolframsonde 2,9 mm, der Durchmesser des Brennflecks 6,4 bis 38 mm; die Vorfilterung beträgt 0,8 mm Messing + 0,8 mm Kupfer + 12,7 mm Wasser bei seitlicher Ausstrahlung (senkrecht zur Röhrenachse). Als Röhrenleistung werden mindestens 5,6 kW, als Höchstleistung des Hochspannungserzeugers 15 mA bei 1400 kV angegeben. Der primäre Anschlußwert des untersten Kaskadentransformators ist 30 kVA. Die Kaskadenwerte sind: Transformator (sekundärseitig) 3 kVA und eff. Spannung von 66 kV, 2 Kondensatoren je 0,1 μF, Dämpfungswiderstand 1 Ω/V. Angaben über die Dosisleistung sind nicht gemacht. *Nke.*

[1]) Vgl. ETZ 61 (1940) S. 441.

VERSCHIEDENES

BEKANNTMACHUNGEN

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker
(Eingetragener Verein)

Fernsprecher: 30 06 31 — Postscheckkonto: Berlin 213 12
Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00
Postscheckkonto der ETZ-Verlag G. m. b. H.: Berlin 223 84

Installationsmaterial

Der Ausschuß für Installationsmaterial veröffentlicht in ETZ 62 (1941) H. 18, S 428, Entwürfe zu den Normblättern

DIN 40013 „Installationsmaterial: Schutzartzeichen für Installationsgeräte",

DIN 46250 „—: Einführungsöffnungen für Schalter und Steckdosen in abgedeckter Ausführung (A)",

DIN 49075 „—: Abdeckplatten und Einsätze für Schalter und Steckdosen".

Begründete Einsprüche gegen die Entwürfe können bis zum 31. Mai 1941 bei der Geschäftstelle eingereicht werden.

Gleichzeitig wird bekanntgegeben, daß die Bearbeitung des Normblattes

DIN VDE 9071 „Unterputzdosen aus Metall für Schalter und Steckdosen, Richtmaße",

dessen Entwurf in ETZ 59 (1938) S. 1270 veröffentlicht war, nicht mehr weitergeführt wird, da die Normung der Dosen mit verbleitem Blechmantel (in Vorbereitung) und der Dosen aus Isolierpreßstoff in DIN VDE 9070 als ausreichend angesehen wird. Der Entwurf wird somit als ungültig erklärt.

Isolierstoffe

Wir machen auf den bereits angekündigten, in ETZ 62 (1941) H. 18, S. 423 veröffentlichten Einführungsaufsatz von W. Husse und G. Pfestorf VDE zu

VDE 0360: „Leitsätze für die Prüfung von Isolierlacken"

hiermit nochmals aufmerksam.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
Der Geschäftsführer
Viefhaus

Neu erschienene Normblätter für Elektrotechnik

Die nachstehend aufgeführten Normblätter bzw. Einheitsblätter sind letzthin erschienen und können vom Beuth-Vertrieb, GmbH., Berlin SW 68, Dresdener Str. 97, bezogen werden.

In den Einheitsblättern werden einheitliche Festlegungen nach einem vereinfachten Verfahren getroffen, wenn schnelle Entscheidungen notwendig sind. Die Einheitsblätter können in Normblätter umgewandelt werden. Solche Einheitsblätter sind in der nachstehenden Zusammenstellung durch den Buchstaben „E" gekennzeichnet.

Einheiten, Formelzeichen, Benennungen

DIN 40108 Gleich- und Wechselspannungssysteme, Benennungen (April 1941)

Isolierstoffe

DIN 40685 Keramische Isolierstoffe für die Elektrotechnik, Gruppen und Eigenschaften (2. Ausgabe, Januar 1941)

Schaltzeichen und Pläne für Fernmeldeanlagen

DIN 40700 Schaltzeichen, Teil I bis X (Ersatz für DIN VDE 700; Januar 1941)

Nachrichtentechnik

DIN E 41302 Kernbleche für Übertrager (November 1940)
DIN E 41311 Elektrische Festkondensatoren: Nennkapazitäten und Kapazitätstoleranzen (November 1940)
DIN E 41312 —: Nennspannungen (November 1940)
DIN E 41313 —: Kennzeichnung der Schirmung (November 1940)
DIN E 41321 —: Rohrkondensatoren mit Vergußmasseabschluß (November 1940)
DIN E 41331 —: Elektrolytkondensatoren in zylindrischen Aluminiumgehäusen, Abmessungen (November 1940)
DIN E 41400 Festwiderstände: Schichtwiderstände bis 20 W, Allgemeines (April 1941)
DIN E 41401 —: — Nennlast 0,25 W (April 1941)
DIN E 41402 —: — Nennlast 0,5 W (April 1941)
DIN E 41403 —: — Nennlast 1 W (April 1941)
DIN E 41404 —: — Nennlast 2 W (April 1941)
DIN E 41405 —: — Nennlast 3 W (April 1941)
DIN E 41406 —: — Nennlast 6 W (April 1941)
DIN E 41407 —: — Nennlast 10 W (April 1941)
DIN E 41408 —: — Nennlast 20 W (April 1941)
DIN E 41495 Zifferblattdurchmesser für elektrische Uhren (März 1941)

Schaltgeräte, Anlasser, Steuergeräte

DIN 43605 Schaltgeräte: Kennzeichnung von Druckknopf-Tastern und -Schaltern (Dezember 1940)
DIN 43606 —: Kennzeichnung der Anzeigeschilder für die Schaltstellungen (Dezember 1940)

Bauteile für Anschlußstellen

DIN 46218 Leitungsösen (Dezember 1940)

Freiluft-Stützisolatoren

DIN E 48109 Freiluft-Stützisolatoren für gekittete Armaturen (Februar 1941)

Leitungsschutz-Sicherungen

DIN 49361 Blatt 4 Tiefenlehren für D-Sicherungssockel E 16, E 27 und E 33, 500 V (Dezember 1940)

Steckvorrichtungen

DIN 49451 Dreipoliger Stecker mit Schutzkontakt, metallgekapselt, 15 bis 100 A, 220/380 und 500 V (Ersatz für DIN VDE 9451; Dezember 1940)

Bauwesen

DIN 1055 Blatt 4, Beiblatt Lastannahme im Hochbau: Verkehrslasten — Windlast, Erläuterungen (2. Ausgabe, Februar 1941)
DIN 4102 Blatt 1/3 Widerstandsfähigkeit von Baustoffen und Bauteilen gegen Feuer und Wärme (2. Ausgabe, November 1940)

Einheiten und Formelzeichen

DIN 1318 Einheit der Lautstärke (Februar 1941)
DIN 1338 Buchstaben und Zeichen im Formeldruck, Form und Anordnung (Mai 1941)
DIN 1348 Allgemeine physikalische Konstanten und damit zusammenhängende Umrechnungsgrößen und Einheiten (Februar 1941)

Nichteisenmetalle

DIN 1708 Kupfer: Hüttenkupfer (Raffinadekupfer) und Elektrolytkupfer (3. Ausgabe, Februar 1941)

Herde

DIN 3349 Dauerbrandherde aus Stahlblech mit Elektro-Kohleheizung, Einzelteile (März 1941)

Werkzeug

DIN 5246 Blitzrohrzangen (2. Ausgabe, Februar 1941)

Kraftfahrbau

DIN 70023 Benennung der Kraftwageneinzelteile, Fahrgestell (Ersatz für DIN Vornorm Kr V 102; November 1940)

DIN 72311 Blatt 1/4	Bleisammler für Kraftfahrzeuge, Nennspannung 6 bzw. 12 V (Ersatz für DIN Kr2311, Blatt 1 und DIN Kr 2320; Januar 1941)
DIN 72502	Zündkerze 14, Einbaumaße, Zündkerzengewinde M 14×1,25 (Ersatz für DIN Vornorm Kr 2502)
DIN 75575	Fernthermometer: Fühleranschluß am Motorblock (Ersatz für DIN Kr 5575; Februar 1941)
DIN 72601 F I	Glühlampen: Übersicht (2. Ausgabe, Dezember 1940)
DIN 75581 F I	Spannungsmesser und Strommesser für PKW und LKW (November 1940)

Kriegsmarine

KM 5014 Blatt 1/2	Beleuchtungskörper: Handlampen für 110 und 220 V (Ersatz für KMN E 04 01 13/1; Dezember 1940)
KM 5072 Blatt 1	Lampenfassungen: Fassung zum Einbau in enge Gehäuse für Glühlampen mit Gewinde E14 (Ersatz für KMN E 04 02 03/1; Januar 1941)
KM 5091 Blatt 1/7	Glühlampen: Glühlampen Form A bis O (November 1940)
KM 5092 Blatt 1, Vornorm	—: Glühlampen für Operationsleuchte (November 1940)
KM 5245 Blatt 3/4	Steckanschlüsse und Stecker: Kontakteinsätze mit 2 bis 4 Kontakten sowie Schraubkappen der Steckanschlüsse für allgemeine E-Anlagen bis 60 V und Fernsprechanlagen (Januar 1941)
KM 5248 Blatt 1/4	—: Stecker und Steckdosen mit Überwurfmutter, Kupplungsstecker und Kupplungssteckdosen mit Schutzkragen, Kontakteinsätze sowie Schraubkappen der Steckanschlüsse für Fernsprechanlagen und Sonderzwecke bis 60 V und 250 V (Dezember 1940)
KM 5249 Blatt 5	—: Wandsockel für Schraubkappen der Steckanschlüsse für Sonderzwecke bis 60 V und 250 V (Januar 1941)
KM 5524 Blatt 1/3	Einführungen für Kabel und Leitungen: Druckdichte Leitungseinführungen, Zuordnung der Leitungen und Flanschabmessungen (Dezember 1940)
KM 5551 Blatt 1	Zubehör für Kabel und Leitungen: Kabelschuhe für Sicherungskästen und Schalter (Ersatz für A 2b; Dezember 1940)
KM 5552 Blatt 1	—: Kabelschuhe für festen Anschluß in Schalttafeln, elektrischen Maschinen und Geräten (Ersatz für KM 5552 Form A; 2. Ausgabe, November 1940)
KM 5556 Blatt 1/2	—: Erdung von Kabeln und Leitungen (Dezember 1940)
KM 5641 Blatt 1/3	Lehren: Gewindelehren für Schraubkappen und Sockel der Sicherungen 1 bis 6 A (Ersatz für KMN E 031 001; Januar 1941)
KM 5743 Blatt 1	Elektrische Maschinen: Bürsten, Bürstenhalter; Überwachungszeichen der Kriegsmarine für Kohlebürsten (November 1940)

Bezirk Berlin
vormals Elektrotechnischer Verein
(Gegründet 1879)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 I, VDE-Haus
Fernsprecher: 30 06 31

Fachversammlung

des Fachgebietes „Leitungstelegraphie und -telephonie"

Leiter: Direktor Professor K. Küpfmüller VDE.

Vortrag

des Herrn Dr. G. Kießling, Berlin, am Dienstag, dem 6. Mai 1941, 18[30], in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Hörsaal EB 301, über das Thema:

„Neuere Erkenntnisse auf dem Gebiete der Massekerntechnik"

(nach gemeinsamen Untersuchungen von G. Kießling und O. Ludl).

Inhaltsangabe:

Kerneigenschaften
Preßmasse und Preßdruck.
Anormale Hystereseeigenschaften von Sendust.

Eintritt und Kleiderablage frei.

Gemeinsame Versammlung

der Deutschen Lichttechnischen Gesellschaft (DLTG) Bezirk Berlin und des VDE Bezirk Berlin am Donnerstag, dem 15. Mai 1941, 17[30], Hörsaal 141 der Technischen Hochschule zu Charlottenburg.

Vortrag

des Herrn Dr.-Ing. habil. R. Schulze DLTG., Berlin, über das Thema:

„Ultraviolette Strahlung, ihre Wirkung auf den Menschen und ihre Anwendung in der Technik"

Eintritt und Kleiderablage frei.

Arbeitsgemeinschaften (Technischer Nachwuchs)

Die Teilnahme ist frei. VDE-Mitgliedschaft ist nicht Bedingung.

Allgemeine Elektrotechnik. Leiter: Dr.-Ing. V. Aigner VDE.
5. Mai 1941, 18[00], VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. „Hochfrequenz-EW-Telephonie und Hochfrequenz-Fernmeßübertragung". Vortragender: Dipl.-Ing. P. du Mont VDE.

Fernmeldetechnik. Leiter: Obering. Dipl.-Ing. K. Wagner VDE.
6. Mai 1941, 18[00], VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. Vortragsreihe: Fernsprechtechnik. III. Teil: Vermittlungswesen. 3. Nebenstellenanlagen. Vortragender: Dipl.-Ing. H. Tatzl.

Meßtechnik. Leiter: Dr.-Ing. H. F. Grave VDE.
7. Mai 1941, 18[00], VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. Vortragsreihe: Feinmeßtechnik. „Gleichstrom-Kompensatoren". Vortragender: Oberinspektor O. Gutmann.

Elektromaschinenbau. Leiter: Ingenieur K. Bätz VDE.
8. Mai 1941, 18[00], VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. Vortragsreihe: Sonderfragen des Elektromaschinenbaues. „Erregung und Regelung der Generatoren. Vortragender: Dr.-Ing. W. Putz VDE.

Elektrizitätswerke. Leiter: Dipl.-Ing. H. Beling VDE.
9. Mai 1941, 18[00], VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. Vortragsreihe: Wasserkraftwerke. „Selbst- und Fernsteuerung von Wasserkraftwerken". Vortragender: Dipl.-Ing. H. Stößinger VDE.

VDE Bezirk Berlin
vormals Elektrotechnischer Verein
Der Geschäftsführer
Burghoff

Sitzungskalender

VDE Bezirk Kurpfalz, Mannheim. 9. 5. (Fr) 19[30], Industrie- u. Handelskammer: „Japan als Weltindustriemacht". Prof. Dr. E. Schultze.

VDE Bezirk Niedersachsen, Hannover. 6. 5. (Di) 19[00], TH: „Die Anwendung elektrischer Feinmeßeinrichtungen für elektrische und wärmewirtschaftliche Messungen". Dipl.-Ing. W. Zschaage VDE. Anschließend Filmvorführung „VDE-Tagung in Wien".

PERSÖNLICHES
(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten)

C. Dornhoff. — Am 20. April beging Herr Oberingenieur und Fabrikant Carl Dornhoff VDE seinen 60. Geburtstag. Er empfing seine berufliche Ausbildung als Maschinenbauingenieur auf einer höheren technischen Lehranstalt und trat bald in enge Beziehungen zur Elektrotechnik. In den Jahren 1908—11 war C. Dornhoff beim Westfälischen Verbandselektrizitätswerk Dortmund, zuletzt als Bauleiter und Oberingenieur, tätig. Die folgenden Jahre stellten ihn als Bau- und Betriebsleiter des neuen Braunkohlenkraftwerks Fortuna vor bedeutende Aufgaben. Im Jahre 1920 gründete C. Dornhoff die Firma Elektromotorenwerk Dornhoff & Co., Horrem, Bez. Köln, deren Aufbau aus kleinsten Anfängen zu dem heutigen Umfang sein eigentliches Lebenswerk darstellt. Unermüdlich tätig, überwand er mit seltener Energie alle Schwierigkeiten, die sich dem jungen Unternehmen entgegenstellten. Wir wünschen Herrn Dornhoff auch für die Zukunft Gesundheit und noch viele Jahre befriedigendes Schaffen.

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Prof. E. Blümel, Aachen, Wüllnerstr. 2
Dipl.-Ing. E. Cunit VDE, Hannover, Robert-Kirchhoff-Str. 8
Dr. W. Husse, Berlin-Tempelhof, Oberlandgarten 26
Reg.-Rat Dr. G. Pfestorf VDE, Berlin-Zehlendorf, Urbanstr. 44

Abschluß des Heftes: 25. April 1941

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE (z. Z. im Felde)
G. H. Winkler VDE (z. Z. im Felde)
H. Hasse VDE und R. Henrichs VDE

Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

62. Jahrgang | Berlin, 8. Mai 1941 | Heft 19

Polarisiertes Licht für Kraftfahrzeuge

Von **Walter Rentschler**, Möhringen bei Stuttgart

DK 629.113.066 : 628.94 : 535.51

Übersicht. Das Problem, die Blendung durch Kraftfahrzeug-Scheinwerfer mit polarisiertem Licht zu beseitigen, hat in den letzten Jahren wesentlich an Bedeutung gewonnen. Das Wesen und die Erzeugung polarisierten Lichtes soll geschildert und auf verschiedene, im Zusammenhang mit seiner praktischen Verwendung auftretende Probleme eingegangen werden.

1. Das Blendproblem

Die Forderungen, die an eine befriedigende Fahrbahnbeleuchtung durch die Fahrzeugscheinwerfer gestellt werden, sind in starkem Maße durch die Verkehrsdichte und die Fahrgeschwindigkeit bestimmt. Genügende Reichweite und gute Ausleuchtung der Fahrbahn ohne Blendwirkung sind Forderungen, deren gleichzeitiges Erfüllen auf einfache Weise nicht möglich ist. Fast überall wird daher auch eine Trennung in Fernlicht und abblendbares Begegnungslicht in der Weise vorgenommen, daß beim letzteren die Blendwirkung auf Kosten der Reichweite vermindert wird; dies geschieht in Deutschland z. B. durch Verwenden eines stärker geneigten Lichtbündels mit scharfer Hell-Dunkel-Grenze[1]). Bei den gebräuchlichen Abblendsystemen ist es aber nicht möglich, die Blendwirkung soweit zu verringern, als es erwünscht wäre. Unter Umständen kann die Blendung bei schlechter Einstellung der Scheinwerfer, wechselnder Belastung des Wagens, ungünstigen Weg- und Geländeverhältnissen, wie an Straßenkuppen, und je nach subjektiver Veranlagung des Fahrers sogar noch so stark sein, daß hierdurch Gefahren auftreten. Je größer die Blendung ist, um so kürzer ist die Sehweite, da die Pupille des Fahrers sich der Blendhelligkeit entsprechend mehr schließt.

Bei schwachem Verkehr, wie er etwa bis heute auf freier Strecke herrscht, kann die geringe Sehweite bei Abblendlicht in Kauf genommen werden, da die Zeit, in der mit Abblendlicht langsam gefahren werden muß, klein ist im Verhältnis zu der, in der mit Fernlicht schneller gefahren wird. Bei dem Verkehr aber, wie er schon vor dem Krieg in der Nähe von Großstädten üblich war, und bei der Verkehrsdichte, die bei einer stärkeren Motorisierung entstehen wird, ist man beim heutigen System gezwungen, große Strecken nur mit Abblendlicht zu fahren, und kann deshalb die Möglichkeit des Kraftfahrzeugs für rasche Vorwärtsbewegung bei Nacht nicht ausnutzen. Daher ist es erwünscht, sich heute schon mit einer Beleuchtungsart zu beschäftigen, die durch möglichst vollkommenes Vermeiden der Blendung bei gleichzeitig guter Ausleuchtung und Reichweite eine ausreichende Sehweite bei Begegnung gewährleistet.

Zur Lösung des Blendproblems wurden schon verschiedene, praktisch aber schwer durchführbare Verfahren vorgeschlagen. Synchron gehende Blenden im Blickfeld des Fahrers und vor seinen Scheinwerfern[2]) kommen wegen der Schwierigkeit der gegenseitigen Abstimmung einer Vielheit von Fahrzeugen beim Begegnen nicht in Betracht. Auch farbiges Scheinwerferlicht mit für die beiden Fahrtrichtungen komplementären Farben, z. B. Rot und Blaugrün, und entsprechende Filter[3]) eignen sich nicht, da für jede Fahrtrichtung jeder einzelnen Straße die anzuwendende Lichtfarbe vorgeschrieben und eingeschaltet werden müßte.

Weit günstiger ist die schon frühzeitig[4]) vorgeschlagene und inzwischen für die Praxis weiterentwickelte Verwendung polarisierten Lichtes. Während anfangs mit linear polarisiertem Licht gearbeitet wurde, wurde etwa ein Jahrzehnt später das für diese Zwecke günstigere, zirkular polarisierte Licht verwendet[5]). Dieses würde für eine praktische Einführung auch wohl ausschließlich in Betracht kommen. Im folgenden soll der heutige Stand der Entwicklung dargelegt werden, wobei auch die Mängel, die der Lösung heute noch anhaften, nicht unerwähnt bleiben sollen[6])[7]).

2. Natürliches und linear polarisiertes Licht

Licht ist eine elektromagnetische Strahlung und unterscheidet sich von den im Rundfunk verwendeten Schwingungen nur durch seine um Zehnerpotenzen größere Frequenz bzw. kleinere Wellenlänge. Die Begriffe Wellenlänge, Schwingungsdauer, Phase und Phasenverschiebung sind hier wie dort dieselben. Bei linear polarisiertem Licht finden die Lichtschwingungen alle in einer bestimmten Ebene statt (*c* in Bild 1), während natürliches Licht, wie es etwa ein glühender Körper aussendet, am besten als Summe vieler einzelner, in den verschiedenen Ebenen linear polarisierter Lichtwellen aufgefaßt werden kann (*a* in Bild 1). Da jede einzelne Schwingung in zwei senkrecht zueinander schwingende Komponenten zerlegt werden kann, läßt sich natürliches Licht immer aus zwei gleich großen, senkrecht zueinander schwingenden, linear polarisierten Komponenten zusammengesetzt denken (*b* in Bild 1).

---

[1]) Zusammenfassend bei O. Höpke, Licht 6 (1936) S. 150 u. 213.

[2]) Z. B. DRP. 692 409 (1937/40) u. USA.-Patent 2 131 888 (1933/38).

[3]) DRP. 584 565 (1932/33).

[4]) Chubb, USA.-Patent 2 087 795 (1920/37). A. Zimmern, DRP. 401 720 (1922/24).

[5]) Engl. Patent 365 082 (1931) und 365 507 (1931/32).

[6]) Zusammenfassend auch bei Christoph und Neugebauer, Z. techn. Phys. 20 (1939) S. 257.

[7]) S. a. H. Sauer, Z. VDI 82 (1938) S. 201. — F. Born, ETZ 58 (1937) S. 169. — R. Weigel u. H. Knoll, Licht 7 (1937) S. 59 u. 187.



Man kann linear polarisiertes Licht aus natürlichem erzeugen, wenn es gelingt, die beiden senkrecht zueinander polarisierten Anteile auf irgendeine Art zu trennen. Drei klassische Verfahren sind schon über ein Jahrhundert dafür bekannt: die von Malus im Jahre 1808 gefundene Polarisation des Lichtes bei Spiegelung an Glasplatten und beim Durchgang durch Glasplattensätze (Arago, 1812), die Polarisation durch geeignet geformte doppelbrechende Kristalle (Nicolsches Prisma, 1828) und die

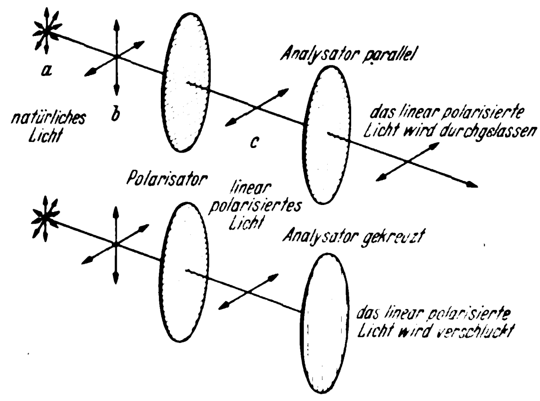


Bild 1. Verhalten natürlichen und linear polarisierten Lichtes. Die Schraffur soll die Durchlaßrichtung der Filter andeuten.

Polarisation durch sogenannte dichroitische Stoffe, die die Eigenschaft haben, Licht verschiedener Schwingungsrichtungen verschieden stark zu absorbieren (Turmalin, 1815). Da Glasplattensätze einen großen Raum- und Gewichtsbedarf haben und natürliche doppelbrechende oder dichroitische Kristalle zu teuer sind und auch nicht in genügender Größe zur Verfügung stehen, erhielt das Problem der Anwendung zur Kraftfahrzeugbeleuchtung erst Bedeutung, seit polarisierende Stoffe künstlich hergestellt werden können.

Durch Züchten flächenhafter Einkristalle eines dichroitischen Stoffes, des von Herapath gefundenen und nach ihm benannten Herapathits, eines Perjodids des Chininsulfats, gelang es, ausgezeichnete Filterpolarisatoren herzustellen[8]), deren Größe aber beschränkt ist. Großflächiger und auch billiger sind Vielkristallpolarisatoren zu erhalten. Bei diesen ist eine Vielzahl kleinster dichroitischer Kriställchen, z. B. ebenfalls Herapathit, gerichtet in ein durchsichtiges Medium von geeignetem Brechungsindex eingebettet, wobei das Ausrichten durch den Gießvorgang selbst oder aber durch mechanische, elektrische oder magnetische Kräfte geschehen kann. Eine ganze Reihe amerikanischer, britischer und deutscher Patentschriften befassen sich mit der Herstellung dieser Polarisationsfolien[9]). Solche heute schon ziemlich trübungsfreien und haltbaren Polarisationsfolien haben im allgemeinen eine geringere Durchlässigkeit als Einkristallpolarisatoren. Auch durch Einfärben natürlich oder künstlich doppelbrechender Stoffe mit dichroitischen Farbstoffen, wie Oxaminschwarz, Methylenblau u. a. lassen sich Polarisationsfilter herstellen, deren Güte aber an die der Vielkristallpolarisatoren anscheinend noch nicht heranreicht. Außer den dichroitischen Polarisatoren, die die eine Komponente absorbieren, gibt es noch Zerstreuungspolarisatoren, die eine Komponente fast ungestreut durchlassen, die senkrecht dazu schwingende aber zerstreuen. Diese werden durch gerichtete Einlagerung doppelbrechender Kriställchen in ein Medium, dessen Brechungsindex mit dem einen Brechungsindex der Kriställchen übereinstimmt[10]), oder entsprechend durch Einlagerung isotroper Teilchen in einen doppelbrechenden Kristall hergestellt[11]), haben aber bis jetzt kaum praktische Bedeutung erlangt, ebenso wie ein von englischer Seite angemeldeter Polarisator, der durch Reflexion an dünnen, in einem Medium eingebetteten parallelen Lamellen arbeitet[12]).

Die heute verwendeten dichroitischen Filter lassen von natürlichem Licht die eine linear polarisierte Komponente fast ungeschwächt hindurch und absorbieren die andere fast vollkommen. Die erhältlichen Filter haben für weißes Licht eine Durchlässigkeit von etwa 30 % (im idealen Grenzfall würde diese 50 % betragen), für linear polarisiertes Licht, das parallel zur Durchlaßrichtung der Filter schwingt, von etwa 60 % (100 %), und für Licht, das senkrecht dazu schwingt, von etwa 0,03 % (0 %). Bringt man in ein durch ein solches Polarisationsfilter linear polarisiertes Lichtbündel ein zweites Filter, den Analysator, so wird dieser das linear polarisierte Licht nur dann durchlassen, wenn seine Durchlaßrichtung parallel zur Schwingungsrichtung des Lichtes steht (Bild 1), dagegen wird er es fast vollkommen absorbieren, wenn diese beiden Richtungen senkrecht aufeinander stehen (gekreuzte Stellung). Mit den oben angegebenen Zahlen ergibt sich für weißes Licht bei zwei parallelen Filtern eine Durchlässigkeit von 18 % und bei zwei gekreuzten Filtern eine solche von 0,02 %, d. h. in gekreuzter Stellung geht nur etwa der tausendste Teil des Lichtes bei Parallelstellung durch. Zwischen diesen Grenzstellungen ist die durchgelassene Lichtintensität näherungsweise dem Quadrat des Cosinus des Winkels zwischen den Durchlaßrichtungen der beiden Filter proportional.

Soll linear polarisiertes Licht für Scheinwerfer verwendet werden, so kommen vor jeden Scheinwerfer Polarisationsfilter einer bestimmten Durchlaßrichtung, für die auf einer internationalen Normensitzung im Jahr 1936 die unter 45° gegen die Waagerechte geneigte, für den Fahrer von rechts oben nach links unten gehende Richtung festgelegt wurde. Dadurch wird erreicht, daß das Licht sich begegnender Wagen senkrecht zueinander polarisiert ist. Der Fahrer, der einen Analysator an der Windschutzscheibe oder Brille vor seinen Augen hat, dessen Durchlaßrichtung parallel zu der seiner Scheinwerferfilter ist, sieht also die von seinen Scheinwerfern beleuchtete Straße fast ungehindert, während das senkrecht dazu schwingende Licht des entgegenkommenden Wagens in seinem Analysator verschluckt wird und ihn daher nicht blendet.

Linear polarisiertes Licht hat allerdings den Nachteil, daß die durchgehende Intensität sehr von einer Verdrehung der Filter gegeneinander abhängt. Für das obige Filter ergibt sich schon bei einer Verdrehung um ±5° eine Erhöhung des Restlichtes auf das Achtfache. Da im praktischen Fahrbetrieb aber solche Verdrehungen der Fahrzeuge um ihre Längsachse, z. B. bei stark gewölbter Straße oder bei Kurvenlage von Krafträdern, häufig vorkommen und die dadurch verursachte Blendung gleich erheblich ist, ist linear polarisiertes Licht für die Praxis wenig geeignet. Man kann natürlich durch Verdrehen des Analysators, bei einer Brille durch Neigen des Kopfes, wieder auf beste Auslöschung einstellen, aber bei verschieden geneigten, gleichzeitig entgegenkommenden Wagen ist dies nicht mehr möglich. Auch der Einbau am Scheinwerfer müßte aus diesem Grund mit großer Sorgfalt vorgenommen werden. Diese Nachteile lassen sich dadurch vermeiden, daß man zirkular polarisiertes Licht verwendet.

3. Herstellung und Anwendung zirkular polarisierten Lichtes

Linear polarisiertes Licht kann man immer in zwei senkrecht zueinander in der gleichen Phase schwingende Komponenten zerlegen. Ist die ursprüngliche Schwingungsebene unter 45° gegen das neue Achsenkreuz geneigt, so ergeben sich als Sonderfall zwei gleich große

8) F. Bernauer, Fortschr. Min. 19 (1935) S. 22.

9) S. a. E. Nähring, Künstliche Polarisatoren, Filmtechn. 13 (1937) S. 145. M. Haase, Zeiß-Nachr. 2. Folge (1936) S. 57.

10) S. Becher, Zool. Anz. 44 (1922) S. 122. USA.-Patent 2 123 901, 2 123 902 (1936/38) und 2 158 130 (1938/39) (E. H. Land).

11) DRP. 547 429 (1933) (F. Bernauer).

12) Brit. Patent 419 295, schweiz. Patent 181 000 (1934/35).



Komponenten (Bild 2 a); die Lage der Pfeilspitzen im Bild stellt die Phase und ihre Richtung den Weitergang der Schwingung dar. Haben aber die beiden Komponenten eine beliebige Phasendifferenz, so setzen sie sich nicht mehr zu einer linear polarisierten Schwingung zusammen, sondern ergeben im allgemeinen Fall sogenanntes elliptisch (Bild 2 b), wenn die Phasenverschiebung aber gerade ¼ der Vollschwingung ist (Bild 2 c), zirkular polarisiertes Licht. Die eine Schwingung geht dann z. B. gerade durch den rechten Umkehrpunkt, während die um ¼ Schwingung zurückliegende erst durch die Ruhelage geht. Zwei solche phasenverschobenen Schwingungen setzen sich zu einer Kreisschwingung in der im Bild durch einen Pfeil angedeuteten Art zusammen. Je nachdem, welche Komponente die Phasenverzögerung erleidet, ergibt sich rechts bzw. links zirkular polarisiertes Licht (Bild 2 c und d). Da sich dieser Kreisschwingung noch senkrecht dazu die Fortpflanzung der Schwingung überlagert, so läuft die Spitze des Lichtvektors bei zirkular polarisiertem Licht auf einer Links- bzw. Rechtsschraube.

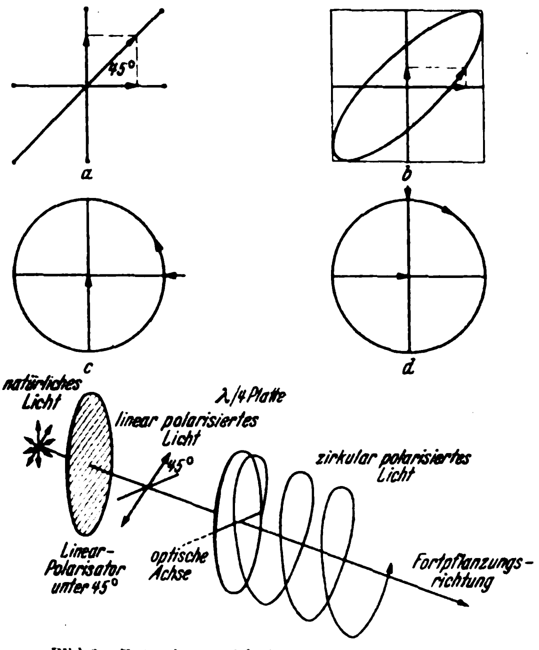


Bild 2. Entstehung zirkular polarisierten Lichtes.

In der Praxis wird zirkular polarisiertes Licht dadurch erzeugt, daß man linear polarisiertes Licht durch eine Platte aus einem doppelbrechenden Medium gehen läßt, deren Begrenzungsflächen parallel zur optischen Achse des Stoffes verlaufen. Licht, das parallel zur optischen Achse schwingt, hat entsprechend der Verschiedenheit der Brechungsindizes in der Platte eine andere Geschwindigkeit als Licht, das senkrecht dazu schwingt. Die beiden Komponenten haben also beim Austritt aus der Platte eine gegenseitige Phasenverschiebung, deren Größe von der Dicke der Platte, der Wellenlänge des Lichtes und dem Unterschied der Brechungsindizes bzw. Größe der Doppelbrechung abhängt. Liegt die Schwingungsebene des einfallenden, linear polarisierten Lichtes unter 45° zur optischen Achse der Platte, und ist die Dicke der Platte so gewählt, daß die Phasenverschiebung gerade ¼ Schwingung beträgt, so setzen sich die austretenden phasenverschobenen Schwingungen zu einer zirkular polarisierten zusammen. Da beim Austritt aus der Platte die eine Welle um ¼ Wellenlänge vor der anderen voraus ist, nennt man solche Platten auch $\lambda/4$-Platten, was aber nicht bedeutet, daß die absolute Dicke der Platte $\lambda/4$ ist. Aus der Abhängigkeit der Phasenverschiebung von der Wellenlänge folgt, daß sich bei einer bestimmten Plattensorte und -dicke nur für eine Wellenlänge zirkular polarisiertes, für alle anderen Wellenlängen bzw. Farben, für die die Phasenverschiebung größer oder kleiner als ¼ Schwingung ist, aber elliptisch polarisiertes Licht ergibt. Beim Verwenden von weißem Licht wird man also immer eine Mischung von zirkular und elliptisch polarisiertem Licht erhalten.

Außer natürlichen doppelbrechenden Kristallen, wie Glimmer, kommen für die Praxis hauptsächlich Zellulosehydrat-Folien als $\lambda/4$-Platte in Betracht[13].

Die Kombination eines linear polarisierenden Filters mit einer $\lambda/4$-Platte ergibt also (Bild 2 unten), wenn die Durchlaßrichtung des Filters mit der optischen Achse der Platte einen Winkel von 45° bildet, einen Polarisator für rechts bzw. links zirkular polarisiertes Licht, je nachdem, ob dieser Winkel positiv oder negativ ist. Rechts zirkular polarisiertes Licht wird durch einen Analysator für links zirkular polarisiertes unabhängig von einer Verdrehung nicht durchgelassen, ähnlich wie eine Rechtsschraube nicht in eine Linksmutter paßt. Bei weißem Licht tritt zwar noch eine schwache Verfärbung, hervorgerufen durch den elliptisch polarisierten Anteil der anderen Farben, aber keine wesentliche Aufhellung mehr auf. Erst bei einer Verdrehung um 90°, also bei der ungünstigsten Stellung, beträgt die Aufhellung etwa den 10fachen Wert des günstigsten Falles[14]). Durch einen Analysator für rechts zirkular polarisiertes Licht dagegen geht solches unabhängig von der Verdrehung fast ungeschwächt durch, so wie Rechtsschraube und Rechtsmutter einander entsprechen.

Bei der praktischen Anwendung kommt vor alle Scheinwerfer ein Polarisator, z.B. für rechts zirkular polarisiertes Licht, wogegen der Analysator des Fahrers nur links zirkular polarisiertes Licht durchläßt (Bild 3). Das

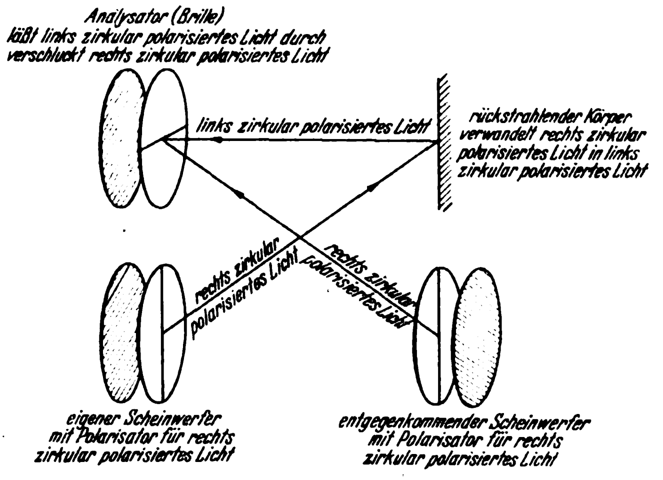


Bild 3. Verwendung zirkular polarisierten Lichtes für Kraftfahrzeugscheinwerfer.

eigene, rechts zirkular polarisierte Licht wird nun bei der Rückstrahlung an der Straße u.a. wenigstens teilweise in links zirkular polarisiertes verwandelt (bei direkter Reflexion vollkommen), so daß es durch den Analysator des Fahrers geht, während das rechts zirkular polarisierte Licht der entgegenkommenden Fahrzeuge von diesem verschluckt wird. Der Fahrer sieht so bei seinem eigenen Licht, ohne vom entgegenkommenden geblendet zu werden. Im Gegensatz zum linear polarisierten Licht ist aber eine Verdrehung der Wagen gegeneinander nicht mehr gefährlich, da ja hierbei keine wesentliche Aufhellung mehr eintritt. Auch der Einbau braucht nicht mehr mit so großer Sorgfalt ausgeführt werden. Man wird aber, um die günstigste Auslöschung im Normalfall zu erhalten, die Polarisatoren wenigstens annähernd so einbauen, daß die optischen Achsen der $\lambda/4$-Platten von Polarisator und Analysator aufeinander senkrecht stehen.

---

[13]) Christoph u. Neugebauer, s. Fußnote 7.
[14]) Christoph u. Neugebauer, s. Fußnote 7.

4. Wirkungsgrad und Lichtleistung polarisierten Kraftfahrzeuglichtes

Ist damit die Verwendung polarisierten Lichtes für die Kraftfahrzeugbeleuchtung grundsätzlich gelöst, so bestehen doch noch gewisse Schwierigkeiten, die zum Teil in dem heute noch ungenügenden Wirkungsgrad der Polarisationsfilter bedingt sind. Beim Verwenden von Filtern mit den oben angegebenen Werten ergibt sich ein Wirkungsgrad von etwa 15 %; beim mit dichroitischen Polarisatoren erreichbaren Grenzfall beträgt dieser etwa 40 %. Diese Zahlen ergeben sich folgendermaßen und gelten für zirkular und linear polarisiertes Licht, da die $\lambda/4$-Platte keinen wesentlichen Lichtverlust verursacht. Durch das Filter am Scheinwerfer gehen rd. 30 % (50 %)[15]) des Lichtes hindurch, das den Scheinwerfer ohne Filter verlassen würde. Würde bei der Rückstrahlung das Licht vollkommen depolarisiert, so würde es vom Analysator des Fahrers wie natürliches Licht behandelt und nochmals auf 30 % (50 %) geschwächt, so daß nur 9 % (25 %) der Lichtmenge in das Auge des Fahrers gelangten, die bei natürlichem Licht und dem gleichen Scheinwerfer hingelangen würde. Bei direkter Reflexion bleibt allerdings der Polarisationszustand des Lichtes erhalten bzw. wird die Rechtsschraube vollkommen in eine Linksschraube verwandelt. Von diesem polarisierten Licht läßt der Analysator 60 % (100 %) durch, so daß in diesem Fall 18 % (50 %) des Gesamtlichtes ins Auge des Fahrers gelangen. Im Mittel wird man also, da ein gewisser Teil depolarisiert wird[16]), einen Wirkungsgrad von etwa 15 % (40 %) erhalten. Man sieht daraus, daß eine weitere Verbesserung der Durchlässigkeit der Filter äußerst wichtig ist. In unserem Beispiel müßte man die Lichtstrommenge auf das Sechsfache erhöhen, um dieselbe Reichweite und Ausleuchtung wie beim heutigen Fernlicht zu erhalten. Da sich durch Vergrößern der Scheinwerfer bei gleicher Lichtverteilung keine wesentliche Leistungssteigerung erreichen läßt, müßte man statt der heute üblichen 35 W etwa 200 W je Scheinwerfer aufwenden. Dazu ist aber eine wesentlich verstärkte elektrische Anlage des Kraftfahrzeuges nötig und ein Übergang zu höherer Spannung erwünscht. Da sich auch die Leuchtdichte der Glühlampen nicht mehr wesentlich oder nur auf Kosten der Lebensdauer erhöhen läßt, so wären größere Glühfadenabmessungen und, dadurch bedingt, auch größere Scheinwerfer nötig. Man sieht also, daß durch den schlechten Wirkungsgrad der Polarisatoren erhebliche Schwierigkeiten auftreten. Wendet man diese Lichtleistung auf, so würde das Fernlicht dem heutigen entsprechen, aber die Sichtverhältnisse bei Begegnung wären wesentlich besser als heute beim Abblendlicht.

Wie weit die rein energiemäßig erhaltenen Zahlen durch physiologische Erscheinungen für die Praxis günstig beeinflußt werden, steht noch nicht eindeutig fest. Es ist aber durchaus möglich, daß man wegen der herabgesetzten Blendung mit einer schwächeren Gesamtbeleuchtung auskommen kann, als sie heute üblich ist. Beispielsweise hat man bei Verwendung eines bestimmten Scheinwerfers von 200 mm Dmr. bei 25 m Entfernung und Abblendlicht am Auge eine Beleuchtungsstärke von etwa 0,3 lux, während man bei gleicher Fahrbahnbeleuchtung wie heute beim Fernlicht bei polarisiertem Licht nur eine Beleuchtungsstärke von etwa 0,01 lux am Auge hat. Zur Berechnung der Werte wurde angenommen, daß sich das Auge des Fahrers 3 m rechts und 0,5 m über Wagen- bzw. Scheinwerferachse des entgegenkommenden Wagens befindet. Sogar direkt in der Wagenachse ist die Beleuchtungsstärke bei polarisiertem Licht nur etwa 0,2 lux. Da die hier mitspielenden physiologischen Erscheinungen mindestens subjektiv, vielleicht sogar beim einzelnen zeitlich verschieden sind, können nur Großversuche Klarheit schaffen. Die angegebenen Werte sind als ungünstige Grenzwerte anzusehen. Um eine Verstärkung der Lichtanlage wird man aber wohl nicht herumkommen.

Durch Verwenden von Analysatoren, die nur bei Begegnung vor den Augen sind, oder von Halb- bzw. Teilbrillen läßt sich wohl erreichen, daß man mit der halben Leistung auskommt, man muß aber dann beim Begegnen einen Handgriff oder eine Kopfbewegung ausführen, wodurch die anzustrebende Vollautomatik verhindert wird und Gefahren auftreten können. Ferner tritt dann beim Begegnen wieder eine Lichtschwächung ein, so daß die Sicht besonders im ersten Augenblick vermindert ist.

Der Vorschlag, gleichzeitig für das Fernlicht polarisiertes Licht und für die Seitenbeleuchtung einen unpolarisierten, dauerabgeblendeten Scheinwerfer zu verwenden, ist zwar leistungsmäßig etwas günstiger, bedeutet aber nur eine halbe Lösung, da für diesen Zusatzscheinwerfer wieder die genaue Einstellung und deren Beibehaltung ähnliche Schwierigkeiten bringen würde wie beim heutigen Abblendlicht.

Auch an die Verwendung von Zerstreuungpolarisatoren und von Lamellenpolarisatoren wurde gedacht, wobei das falsch polarisierte Licht zur Seitenbeleuchtung verwendet wird. Bei ausgeführten Versuchen ergab sich aber, daß die Auslöschung bei diesen Polarisatoren nicht groß genug und die Blendung durch das gestreute Licht noch beträchtlich war.

5. Sichtverhältnisse und einige andere Probleme

Einige Probleme, die im Laufe von Fahrversuchen aufgetreten sind, sollen im folgenden noch gestreift werden. Beim Fahren auf kurvenreicher Straße oder über Bergkuppen kündigt sich heute ein entgegenkommender Wagen, besonders bei leichtem Dunst, schon lange, ehe er selbst in Sicht ist, durch den Widerschein seines Lichtes an, was für ein zügiges Fahren bei Nacht nützlich ist. Bei polarisiertem Licht und Vollanalysator ist dieser Schein nicht zu sehen, und man befindet sich unter Umständen sehr überraschend einem entgegenkommenden Wagen gegenüber, was in manchen Fällen eine Gefahr bedeuten kann. Beim Verwenden vom Teilbrillen fällt dieser Mangel allerdings weg.

Eine in manchen Fällen beobachtete mangelnde Wahrnehmbarkeit für die Tiefenstaffelung hintereinander fahrender Wagen ist wohl auf das Fehlen der Reflexe der entgegenkommenden Scheinwerfer an der Straße u. a. zurückzuführen, die zusammen mit dem Scheinwerferlicht vom Analysator ausgelöscht werden. Die auftretenden Reflexe und die Beleuchtung der Straße durch den entgegenkommenden Scheinwerfer sind beim heutigen Licht ein Maßstab für die Tiefenwahrnehmung. Worauf eine gewisse Kontrastlosigkeit der Beleuchtung zurückzuführen ist, und ob diese Erscheinung mit dem Polarisationszustand des Lichtes zusammenhängt, ist noch zu untersuchen. Eine gewisse Umwertung der Helligkeit auf der Straße wird allerdings auftreten, da direkt reflektierende Flächen heller, diffus reflektierende dunkler als gewohnt erscheinen werden. Dies wird aber wohl die Sichtverhältnisse nicht allzusehr verändern.

Beim Verwenden von Brillen ist beim Begegnen nur das Auge selbst durch die Filter abgedeckt, während das ganze Wageninnere und das Gesicht des Fahrers hell beleuchtet sind. Dadurch wird die Empfindlichkeit des Auges herabgedrückt. Außerdem können in den Brillengläsern helle Reflexe sehr stören; letzteres ist noch mehr der Fall beim Verwenden von Analysatoren an der Windschutzscheibe. Durch seitlich geschlossene Brillen bzw. durch Anbringen von Polarisatoren an allen Wagenfenstern läßt sich Abhilfe schaffen.

Die Verwendung bestimmter Sicherheitsgläser für die Windschutzscheibe ist beim Brillenanalysator und innen angebrachtem Windschutzscheiben-Analysator nicht mehr möglich, da diese Gläser durch ihre starken inneren Spannungen den Polarisationszustand des Lichtes ändern. Wird dagegen der Analysator außerhalb dieser Scheiben

---

[15]) Die Klammerwerte beziehen sich auf den mit dichroitischen Polarisatoren erreichbaren Grenzfall.
[16]) R. Weigel und H. Knoll, s. Fußnote 8.

angebracht, dann ist dies nicht mehr störend. Aus demselben Grund müssen auch alle Gläser, Riffelscheiben, Filterträger, die sich im Strahlengang des polarisierten Lichtes befinden, völlig spannungsfrei sein und auch bei Erwärmung bleiben.

6. Zusammenfassung

Polarisiertes Licht für die Fahrbahnbeleuchtung bringt sicher für einen dichten Verkehr durch selbsttätiges Ausschalten der Blendung gegenüber der heutigen Beleuchtung einen großen Vorteil. Aber eine ausreichende Beleuchtung muß bei guter Lichtverteilung gewährleistet sein, wobei allerdings noch zu klären ist, was unter den veränderten Umständen als ausreichend anzusehen ist. Eine Lösung, bei der wohl die Blendgefahr ausgeschaltet ist, aber dafür das Fahren bei ungenügendem Licht verlangt wird, ist unvorteilhaft. Genaue Untersuchungen über die Sichtverhältnisse unter den verschiedenen örtlichen und atmosphärischen Bedingungen sind noch auszuführen. Daneben ist eine Verbesserung des Wirkungsgrades der Filter anzustreben, was wohl die Hauptaufgabe für die Weiterentwicklung auf diesem Gebiet sein wird, da ein besserer Wirkungsgrad viele bestehende Schwierigkeiten beseitigen würde.

Störungsfreie Trennwände für zusammengesetzte Elektrolytmodelle

(Kurze Mitteilung aus dem Kaiser-Wilhelm-Institut für Biophysik, Frankfurt a. M., Direktor: Prof. Dr. Rajewsky)

Von R. Stachowiack, Frankfurt a. M.

DK 621.357.1.035.31

Übersicht. Störungsfreie Trennwände werden für zusammengesetzte Elektrolytmodelle (bei Ton- und Hochfrequenz) gebraucht. Die elektrische Verbindung der Elektrolyte könnte durch ein geeignetes Überleitungssystem erfolgen, das durch planmäßige Versuche zu ermitteln ist.

Bisher wurden in der Elektrotechnik und Elektrophysiologie, von echten Ultrakurzwellenphantomen abgesehen, keine aus mehreren Flüssigkeiten zusammengesetzten Elektrolytmodelle untersucht. Erst vor kurzem gelang es H. Schaefer und R. Stachowiack[1]), ein solches Modell für Frequenzen innerhalb des Ultrakurzwellenbereiches mit Nachbildung eines Ultrakurzwellen-Kondensatorfeldes durch ein für mittlere Hochfrequenzen von z. B. 3000 kHz berechnetes Elektrolytsystem zu erhalten.

1. Aufgabenstellung

Bei Ton- und Hochfrequenz besteht für alle zusammengesetzten Elektrolytmodelle das Problem einer störungsfreien elektrischen Verbindung unter zugleich bestehender mechanischer Trennung der aneinander angrenzenden, verschiedenartigen Flüssigkeiten. Im Laufe der genannten Arbeit waren wir genötigt, die Lösung dieses Problems zu erreichen, was im folgenden mitgeteilt wird.

Auf die Herstellung von hinreichend dünnen Wänden wurde dabei wegen technischer Schwierigkeiten verzichtet, desgleichen auf äquivalente Wände von größerer Dicke. Vielmehr wurde die mehr oder weniger grobe punktweise bzw. strichweise elektrische Verbindung (vgl. Bild 1 und 2) gegenüberliegender Stellen der Trennwand aus Isolierstoffen geringer Dielektrizitätskonstante, z. B. Glas oder Hartgummi, gewählt. Die metallischen Verbindungsstücke haben dementsprechend die Form von Nieten bzw. Klammern für das räumliche bzw. ebene Modell.

Bild 1. Trennwand mit metallischen Nieten für ein räumliches Modell.

[1]) H. Schaefer u. R. Stachowiack. Z. techn. Phys. 21 (1940) S. 367.

2. Einfluß der Trennwand auf das Feldbild

Wenn gegenüber dem ausgemessenen Feld die Trennwand und die elektrischen Verbindungsstücke klein sind, hat die Wand eine große Querleitfähigkeit und eine kleine Längsleitfähigkeit. Praktisch ist jedoch die Dicke der Trennwand nicht zu vernachlässigen. Bei unserem ebenen Modell waren z. B. die Abmessungen des Troginhalts $3 \cdot 40 \cdot 60$ cm^3, während die gläserne Trennplatte ungefähr 2 mm dick war. Die Größe der Verbindungsstücke sowie die der Zwischenräume ist nicht gleichgültig. Es wurde festgestellt, daß die an den Grenzschichten auftretende Feldverzerrung (vgl. Bild 3) zum Verschwinden der Barrierenwirkung ausgenutzt werden kann. Eine An-

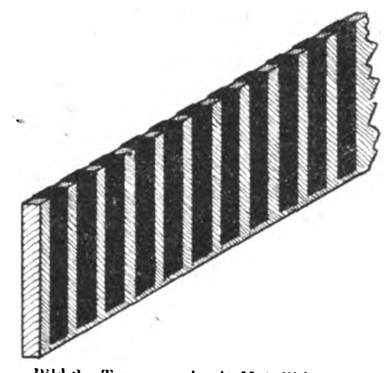


Bild 2. Trennwand mit Metallklammern für ein ebenes Modell.

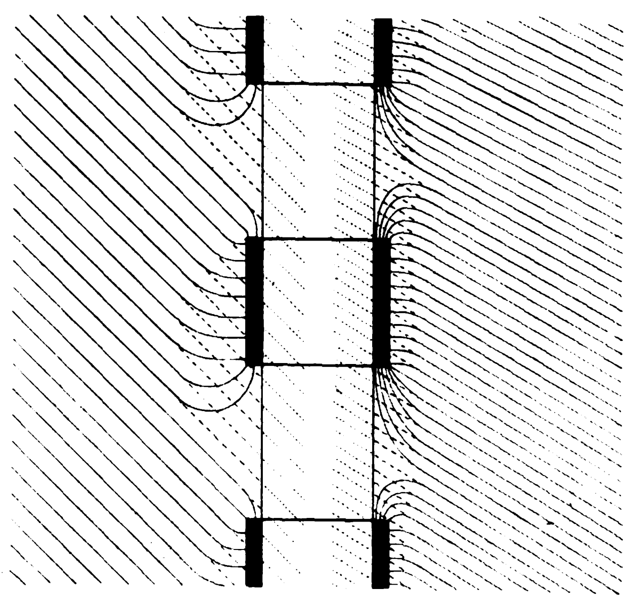


Bild 3. Schematischer Kraftlinienverlauf an einem Barrierenstück für zwei verschiedene Elektrolyte seitlich der Barriere.



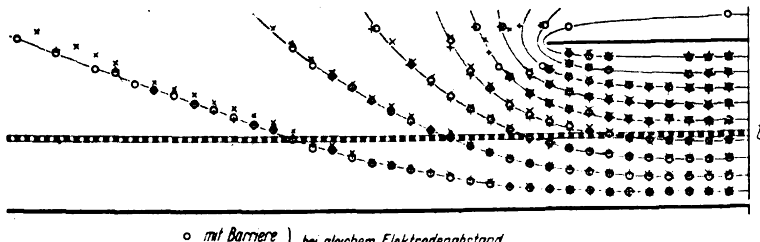


Bild 4. Gemessene Potentialverteilung an gleichen Elektrolyten mit und ohne Reiter-Barriere.

deutung hiervon gibt Bild 3, das schematisch den Kraftlinienverlauf an einem Barrierenstück für verschiedene Elektrolyte darstellt. Die ausgezogenen Kurven sollen nur die in jeder Richtung stattfindende Konzentration der Kraftlinien auf die Streifen hin andeuten. Die gestrichelten Linien geben die scheinbaren homogenen Verteilungen der Kraftlinien an.

3. Allgemeine Feldverteilung und Feldausmessungen

Versuche, wie weit die erwähnte Feldverzerrung sich bei einer endlich dicken Barriere auf die allgemeine Feldverteilung auswirken kann, wurden mit einem Modell von überall gleicher Flüssigkeitsschicht und mit einer Barriere parallel zu den beiden Elektroden durchgeführt (Bild 4). Die Potentialverteilung wurde an ein und demselben Aufbau mit und ohne Barriere und dann nach einem Zusammenrücken der Elektroden um die Dicke der Barriere (nach Herausnahme) gemessen. Diese drei Fälle sind in Bild 4 veranschaulicht, wobei das dritte Feld am Ort der abwesenden Trennwand zeichnerisch aufgetrennt ist. Die beiden ersten Felder unterscheiden sich praktisch nicht voneinander. Die kleinen Abweichungen sind regellos verteilt und auf Meßschwankungen zurückzuführen. Dagegen zeigen sich im dritten Fall größere systematische Abweichungen von den ersten Feldern auf der linken Seite in Bild 4. Man sieht also deutlich, daß die Barriere bei richtiger Wahl der Überleitungsbedingungen durch die betreffende Flüssigkeit ersetzbar ist.

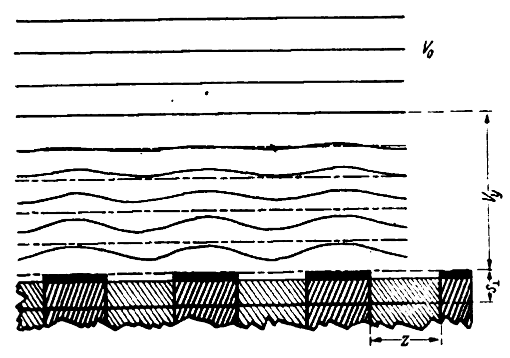


Bild 5a. Schematischer Potentialverlauf bei senkrechter Feldrichtung. (Virtuelle Strecke $s_\perp$.)

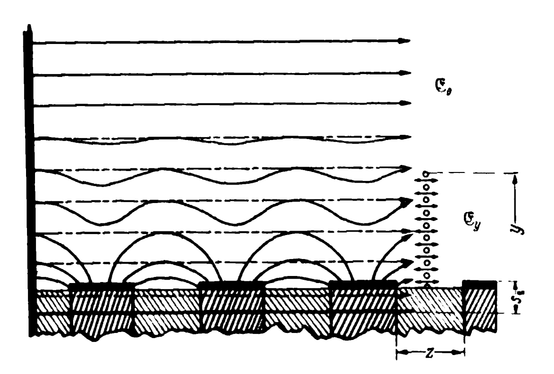


Bild 5b. Schematischer Kraftlinienverlauf bei paralleler Feldrichtung. (Virtuelle Strecke $s_{\parallel}$.)

Zwecks näherer Untersuchung wurden vom Verfasser Feldausmessungen an einem achtmal vergrößerten Modell eines Barrierenstückes unternommen, da man die mit letzteren gewonnenen Ergebnisse durch entsprechende Verkleinerung des Maßstabes auf das vorhin erwähnte gebräuchliche Modell übertragen kann. Der Zwischenraum zwischen den beweglichen vergrößerten Reitern wurde verändert. Bei den Meßreihen kann man sich auf den Fall senkrechter Richtung (vgl. Bild 5a) und auf den Fall paralleler Richtung (vgl. Bild 5b) des ursprünglichen Feldes $\mathfrak{E}_0$ beschränken. Gemeint ist das Feld ohne Trennwand. Bild 5a stellt schematisch die Äquipotentiallinien für den ersten Fall dar. Die gestrichelten Linien und die stark ausgezogene untere Gerade sind als virtuelle Potentiallinien aufzufassen, die als gleichartige Fortsetzung des ferneren Potentialfeldes berechnet sind. Bild 5b zeigt das schematische Kraftfeld des zweiten Falles. Die gestrichelten Kraftlinien in dem von einer berechneten und stark gezeichneten Geraden nach unten begrenzten Raum sind virtuell.

4. Durchführung und Auswertung der Messungen

Bei der praktischen Ausführung der ersten Meßreihe stand eine 60 cm lange Barriere einer entsprechenden parallelen Elektrode in 10 cm Abstand gegenüber. Die zweite Elektrode wurde durch die miteinander verbundenen Reiter gebildet. Der Spannungsabfall V_y wird hinreichend weit von der Barriere in der zur Trennwand senkrechten Richtung y gemessen und sein Überschuß über die Spannung $y \cdot \mathfrak{E}_0$ auf eine zusätzliche Ausgleichstrecke $s_\perp$ jenseits des Metallrandes rechnerisch übertragen:

$$s_\perp(z) = \lim \left(\frac{V_y}{\mathfrak{E}_0} - y\right).$$

Im zweiten Falle wurden unter Ausnutzung der Kraftlinienspiegelung Barrierenstücke senkrecht zwischen zwei 60 cm hohe planparallele Elektroden gebracht. Hier wurde der Kraftlinienzuwachs längs der Mittelsenkrechten y auf einer Zwischenstrecke gemessen und näherungsweise integriert. Dieser überschüssige Kraftfluß ergibt im Verhältnis zu $\mathfrak{E}_0$ zuzüglich der Metallstreifendicke m eine neue Ausgleichsstrecke.

$$s_{\parallel}(z) = \int \frac{\mathfrak{E} - \mathfrak{E}_0}{\mathfrak{E}_0}\, \mathrm{d}y + m.$$

Die Kurven für $s_\perp$ und $s_{\parallel}$ sind in Bild 6 angegeben. Die erste Kurve läuft monoton in Abhängigkeit von z von 0 bis ∞, die zweite entsprechend von ∞ bis m. Somit ergibt sich ein Schnittpunkt $s_\perp = s_{\parallel}$. Der numerische Wert s für das ebene Gebrauchsmodell mit Klammern (2,5 · 0,3 mm²) beträgt 1 mm. In entsprechender Weise läßt sich ein ähnlicher Wert s für die Kreisnietenwand des räumlichen Modelles ermitteln.

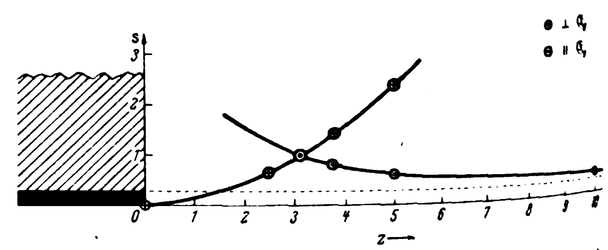


Bild 6. Virtuelle Ausgleichsstrecken zu Bild 5a und 5b in Abhängigkeit des Zwischenraumes. (Reiterbreite = 2,5 Einheiten)

Die Barrierendicke b scheint allgemein laut Superpositionsprinzip auf beiden Seiten je um den Betrag s verringert zu sein. Also ist im Sonderfall $2s = b$, was durch geeignete Bemessung des Überleitungssystems immer zu erreichen ist, die effektive Barrierendicke gleich Null. Das wirkt sich bei ebenen und auch bei nicht zu stark gekrümmten Trennwänden so aus, als ob die verschiedenen Elektrolyte im direkten Kontakt stünden.

Herrn Professor Dr. B. Rajewsky sowie Herrn Dozent Dr. H. Schaefer danke ich auch an dieser Stelle für das besondere fördernde Interesse bei der oben behandelten Aufgabe, in gleicher Weise der G. Kerckhoff-Stiftung für die Gewährung der Mittel.

Zusammenfassung

Das Problem der endlich dicken störungsfreien Trennwände für zusammengesetzte Elektrolytmodelle wurde ohne Verwendung von äquivalentem Werkstoff gelöst. Durch ein geeignetes Überleitungssystem gelingt es, die Trennwand praktisch zum „Verschwinden" zu bringen. Das System läßt sich aus zwei Versuchsgruppen an vergrößerten Systemmodellen ermitteln.

Vorschriften für Papierbleikabel mit Aluminiumleitern in Starkstromanlagen

VDE-Ausschuß für Drähte und Kabel

DK 621.315.2(083.133.3)

VDE 0260

Entwurf

Einspruchsfrist: 31. Mai 1941

Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr

Änderung der ab 1. November 1936 gültigen Fassung von VDE 0260

§ 4

Leiter

a) Für die Beschaffenheit der Aluminiumleiter gilt VDE 0202 „Vorschriften für Aluminium für Elektrotechnik". Aluminiumleiter sind nur in Querschnitten von 2,5 mm² aufwärts zulässig; der Durchmesser der einzelnen Drähte darf nicht kleiner als 1,35 mm sein (gilt nicht für Prüfdrähte).

b) und c) wie bisher, jedoch erhält Tafel I den folgenden Wortlaut (siehe nebenstehend):

§ 5.

Isolierhülle

In Vorschrift c) wird Tafel II „Dicke der Isolierhülle für Einleiterkabel und aus Einleiterkabeln verseilte Mehrleiterkabel" wie folgt geändert:

In Spalte 1 „Leiterquerschnitt" ist „2,5 mm²" einzufügen, in Spalte 2 „1,2 mm".

In Vorschrift e) wird Tafel III „Dicke der Isolierhülle für Mehrleiterkabel mit gemeinsamem Bleimantel" wie folgt geändert:

Für den einzufügenden Leiterquerschnitt 2,5 mm² gelten in den Spalten 2 bis 5 die Werte 1,5, 1,2, 3 und 2 mm.

§ 10

(Belastbarkeit)

In Vorschrift a) wird Tafel VII „Belastungstafel für Einleiter-Gleichstromkabel, Zweileiter-, Dreileiter- und Vierleiterkabel für Nennspannungen bis 1 kV" wie folgt geändert:

Für den einzufügenden Leiterquerschnitt 2,5 mm² gelten in den Spalten 2 bis 4 die Werte 40, 30 und 25 A.

Tafel I. Mindestzahl der Drähte.

1	2	3	4
Nennquerschnitt mm²	Rundleiter*)	Sektorleiter	Rundleiter für Einleiterkabel mit Prüfdraht
2,4	1	—	—
4	1	—	—
6	1	—	—
10	1	—	—
16	1	1	3
25	1	1	6
35	1	1	6
50	1	1	6
70	3	2	13
95	3	2	13
120	3	3	13
150	3	3	18
185	11	15	18
240	13	15	29
300	13	15	36
400	24	30	36
500	26	—	60
625	26	—	60
800	39	—	60
1000	39	—	60

*) Querschnitt von 50 mm² und höher bei Nennspannungen bis $U = 10$ kV bzw. $U_0 = 6$ kV einschließlich sind bei Mehrleiter-Gürtelkabeln sektorförmig auszuführen. Es wird empfohlen, schon ab 16 mm² den Leiter sektorförmig zu gestalten.

Umstell-Vorschriften für Papierbleikabel mit Aluminiumleitern bis 6 kV

VDE-Ausschuß für Drähte und Kabel

DK 621.315.2(083.133.3)

VDE 0260 U

Entwurf

Einspruchsfrist: 31. Mai 1941

Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr

Änderung der ab 1. Juli 1937 gültigen Fassung von VDE 0260 U

§ 4

Leiter

a) Für die Beschaffenheit der Aluminiumleiter gilt VDE 0202 U „Umstell-Vorschriften für Aluminium für Elektrotechnik". Aluminiumleiter sind nur in Querschnitten von 2,5 mm² aufwärts zulässig; der Durchmesser der einzelnen Drähte darf nicht kleiner als 1,35 mm sein (gilt nicht für Prüfdrähte).

b) und c) wie bisher, jedoch erhält Tafel I den gleichen Wortlaut wie Tafel I von VDE 0260, wobei in der Fußnote die Worte „bei Nennspannungen bis $U = 10$ kV bzw. $U_0 = 6$ kV einschließlich" wegbleiben.

Tafel II „Dicke der Isolierhülle für Einleiterkabel und aus Einleiterkabeln verseilte Mehrleiterkabel" wird wie folgt geändert:

Für den einzufügenden Leiterquerschnitt 2,5 mm² gilt in Spalte 2 der Wert 1,2 mm.



§ 5

Isolierhülle

In Vorschrift c) wird Tafel III „Dicke der Isolierhülle für Mehrleiterkabel mit gemeinsamem Bleimantel" wie folgt geändert:

Für den einzufügenden Leiterquerschnitt 2,5 mm² gelten die gleichen Werte wie für 4 mm².

§ 10

(Belastbarkeit)

In Vorschrift a) wird Tafel VII „Belastungstafel für Einleiter-Gleichstromkabel, Zweileiter-, Dreileiter- und Vierleiterkabel für Nennspannungen bis 1 kV" wie folgt geändert:

Für den einzufügenden Querschnitt 2,5 mm² gelten in den Spalten 2 bis 4 die Werte 40, 30 und 25 A.

Umstell-Vorschriften für Starkstrom-Innenraumkabel ohne Bleimantel bis 1 kV

VDE-Ausschuß für Drähte und Kabel

DK 621.315.2(083.133.3)

VDE 0270 U

Entwurf

Einspruchsfrist: 31. Mai 1941

Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr

Änderung der ab 21. Juli 1939 gültigen Fassung von VDE 0270 U

§ 4

Kenn- und Kurzzeichen

a) Kabel nach diesen Vorschriften müssen unter der inneren Umhüllung einen von der Prüfstelle des VDE zugewiesenen schwarz-rot-grünen Papierkennstreifen mit laufender Firmenangabe des Herstellers und dem Aufdruck „VDE 0270 U" enthalten. Abstände des Aufdrucks nicht größer als 30 cm.

b) Wortlaut wie bisher.

§ 6

Zulässige Querschnitte

Einleiterkabel sind in den Querschnitten von 2,5 bis 500 mm², Mehrleiterkabel in den Querschnitten von 2,5 bis 300 mm² zulässig. Der Durchmesser der einzelnen Drähte der Aluminiumleiter darf nicht kleiner als 1,35 mm sein (gilt nicht für Prüfdrähte).

§ 7

Mindest-Drahtzahlen

In Vorschrift a) wird Tafel I wie folgt geändert:

Tafel I. Mindestzahl der Drähte.

1	2	3	4	5
Nennquerschnitt mm²	Papier-Isolierung			Gummi-Isolierung
	Rundleiter*)	Sektorleiter	Rundleiter für Einleiterkabel mit Prüfdraht	Rundleiter
2,5	1	—	—	1
4	1	—	—	1
6	1	—	—	1
10	1	—	—	1
16	1	1	3	1
25	1	1	6	7
35	1	1	6	19
50	1	1	6	19
70	3	2	13	19
95	3	2	13	19
120	3	3	13	37
150	3	3	18	37
185	11	15	18	37
240	13	15	29	61
300	13	15	36	61
400	24	—	35	61
500	26	—	60	91

*) Querschnitte von 50 mm² und höher sind bei den papierisolierten Mehrleiterkabeln sektorförmig auszuführen. Es wird empfohlen, schon ab 16 mm² den Leiter sektorförmig zu gestalten.

§ 9

Gummi-Isolierung

Tafel II wird wie folgt geändert:

Tafel II. Dicke der Isolierhülle bei Ein- und Mehrleiterkabeln (Mittelwerte)

1	2	3	4	5	6
Nennquerschnitt mm²	Radiale Dicke in mm				
	der Papier-Isolierung			der Gummi-Isolierung	
	Einleiterkabel	Mehrleiterkabel		Einleiterkabel	Mehrleiterkabel
		Leiterisolierung	Gürtelisolierung		
2,5	1,2	0,8	0,4	1,5	1,0
...					
...					
185	1,7	1,1	0,6	3,0	2,2
240	2,0	1,2	0,8	3,2	2,4
300	2,0	1,2	0,8	3,4	2,6
...					
...					

§ 10

Mehrleiterkabel mit Gummi-Isolierung

Tafel III wird wie folgt erweitert:

Tafel III. Dicke des Bitumen-Regenerat-Mantels (Mittelwerte).

Durchmesser über den verseilten Adern mm	Dicke des Mantels mm
...	
...	
55	2,8
60	3,0
65	3,2
70	3,4

§ 15

In Vorschrift a) wird Tafel VII wie folgt geändert:

Tafel VII. Belastungstafel für Aluminiumeinleiter-Gleichstromkabel, Zweileiter-, Drei- und Vierleiterkabel.

1	2	3	5
Nennquerschnitt mm²	Belastbarkeit in Ampere		
	Einleiterkabel	Zweileiterkabel	Drei- und Vierleiterkabel
2,5	26	20	17
...			
...			
185	395	290	260
240	465	340	305
300	535	385	345
...			
...			

RUNDSCHAU

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung

DK 621.315.2.015.33

Stoßspannungsfestigkeit von Kabelisolation. [Nach E. W. Davis u. N. Eddy, Electr. Engng. 59 (1940) Transactions S. 394; 5 S., 2 B. + Disk. 4 S., 1 B.]

An die Spitze ihrer Betrachtungen über die Stoßspannungsfestigkeit isolierter Kabel stellen die Verfasser die Tatsache, daß in der Praxis Blitzschäden insbesondere an Gummi oder mit lackierten Gewebebändern isolierten Kabeln für Mittel- und Niederspannung eine häufige Erscheinung sind und daß über solche Vorgänge nur wenig im Schrifttum anzutreffen ist. Sie haben sich daher seit geraumer Zeit mit Stoßspannungsversuchen an solchen Kabeln befaßt und sich für ihre Versuche zweier Stoßgeneratoren nach der bekannten Marxschaltung bedient, von denen der eine eine Stoßwelle von 1|40 µs und der andere eine solche von 1,5|40 µs liefert. Neuerer Bauart ist der letztere, mit dem größere Kabellängen geprüft werden können, weil diese Art von Stoßwelle inzwischen als Standardwelle für solche Versuche allgemein benutzt wird. Die maximale Entladespannung dieses Generators beträgt 600 kV, seine Kapazität 0,042 µF. Von der Benutzung eines Kathodenstrahloszillographen wurde Abstand genommen. Die Verfasser stoßen nun ihre Kabelproben so, daß sie mit einer Stoßspannung von 50% unter der Durchschlagsspannung beginnen und dann die Spannung in 7 kV-Stufen erhöhen. Der Durchschlag wird hierbei durch das Verpuffen eines Schmelzdrahtes für $^1/_8$ A, der mit der Kabelprobe in Serie liegt, angezeigt. Die Stoßprüfungen wurden an 1,5 m langen, mit einem Bleimantel versehenen Einleiterkabelstücken mit einer Isolationsstärke von rd. 2,4 mm vorgenommen, die sowohl mit Gummi als auch mit lackierten Gewebebändern isoliert waren. Die Proben befanden sich zumeist in einem Wasserbad. Als Ergebnis dieser Versuche wird angegeben, daß die Stoßspannungsfestigkeit der untersuchten Kabelproben, die mit den beiden genannten Wellenformen gestoßen wurden, keine direkte Abhängigkeit von der Art der Stoßwelle aufweist. Weiterhin soll auch die Polarität die Stoßdurchschlagsfestigkeit nicht beeinflussen; im allgemeinen wurde mit negativer Polarität gearbeitet.

Ferner wurde der Einfluß von verschiedenen Außenelektroden auf die Stoßfestigkeit der Kabel untersucht. Zu diesem Zweck wurden die Gummikabel in eine 0,1%ige Salzlösung getaucht. Nach den Ergebnissen eignet sich gerade diese Art der Außenelektrode für solche Versuchsreihen gegenüber einer um die Kabel angebrachten Bleifolie sehr gut, so daß die Durchschlagswerte gut übereinstimmten. Ein Einfluß der Kabellänge auf die Stoßfestigkeit konnte nicht festgestellt werden. Von Interesse ist die weitere Mitteilung, daß die Stoßfestigkeit von der Isolationsdicke der Kabel abhängig ist; sie nimmt mit steigender Dicke ab. Auch die Zusammensetzung der Gummimischungen ist von Einfluß auf die Größe der Stoßfestigkeit. Dabei finden die Verfasser Werte, die zwischen 28 und 63 kV/mm liegen. Ein Vergleich mit der Wechselstromdurchschlagsfestigkeit ergibt, daß die Stoßfestigkeit etwa dreimal so groß wie die Wechselstromdurchschlagsfestigkeit ist. Die Werte der Stoßspannungsfestigkeit sowohl der mit lackierten Gewebebändern als auch der mit Papier isolierten Kabel wurden zwischen 40 und 80 kV/mm ermittelt.

Neben diesen an Kabelproben gewonnenen Stoßdurchschlagswerten wurden auch Versuche an den reinen Isolierstoffen, wie Gummi und Papier, durchgeführt, wozu diese in Plattenform zwischen geeignete Messingelektroden gebracht wurden. Als Ergebnis dieser Versuche wird mitgeteilt, daß hier die Stoßspannungsfestigkeit des Gummis etwa 50% höher liegt als bei den Kabeln mit entsprechender Isolationsstärke. Die Stoßfestigkeit des lackierten Gewebes und des Papiers wurde dabei als nahezu gleich ermittelt. Zum Schluß wird angeführt, daß bei Kabeln mit einer Isolation aus lackierten Geweben die Wechselstromfestigkeit nach einem auf Stoßbeanspruchung zurückzuführenden Fehler größer ist als bei den Gummikabeln. *itt.*

Meßgeräte und Meßverfahren

DK 621.317.785

Bekanntmachung über Prüfungen und Beglaubigungen durch die Elektrischen Prüfämter

Nr. 549. Induktionszähler für Drehstrom.

(Amtsbl. der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt 15. Reihe Nr. 8.)

Auf Grund des § 10 des Gesetzes, betreffend die elektrischen Maßeinheiten, vom 1. Juni 1898 (Reichsgesetzbl. S. 905) werden dem System 200 folgende Elektrizitätszählerformen als Zusatz eingereiht:

Zusatz zu System 200, die Formen EM6, EM6R, EM6K, EM6f, EM6L, EM6RL, EM6KL, EM6fL, EM6RK und EM6Rf, Induktionszähler für Drehstrom mit Nulleiter, hergestellt von der Firma Heliowatt Werke Elektrizitäts-Aktiengesellschaft in Berlin-Charlottenburg.

Berlin-Charlottenburg, den 7. Februar 1941

Der Präsident der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt
In Vertretung
Möller

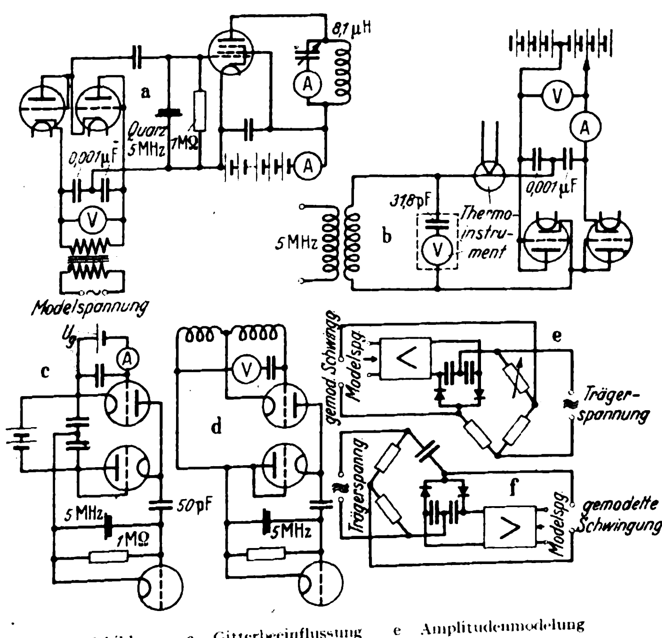
Fernmeldetechnik

DK 621.396.619

Ein Verfahren zur Frequenzmodelung quarzgesteuerter Sender. [Nach I. Koga, Electrotechn. J., Tokio 4 (1940) S. 99; 9 S., 34 B.; Japan.]

In einer früheren Arbeit[1]) hat Sh. Amari ein Verfahren zur Frequenzmodelung quarzgesteuerter Sender angegeben, nach dem zum Quarz eine veränderliche Kapazität in Reihe gelegt und als Querglied zu dieser Reihenschaltung eine weitere Kapazität zugeschaltet wird. Durch periodische und verhältnisrichtige Änderung beider Kapazitäten konnte eine amplitudenfeste Frequenzmodelung zustandegebracht werden. Nach einem anderen, in der vorliegenden Arbeit beschriebenen Verfahren wird die Änderung der elektrischen Werte des Steuerquarzes

1) Nippon electr. Commun. (1938) S. 550; s. a. ETZ 60 (1939) S. 1401.



a Schaltbild c Gitterbeeinflussung e Amplitudenmodelung
b Meßschaltung d Ton-Modelstufe f Phasenwinkelmodelung

Bild 1. Frequenzmodelung einer Quarzstufe.



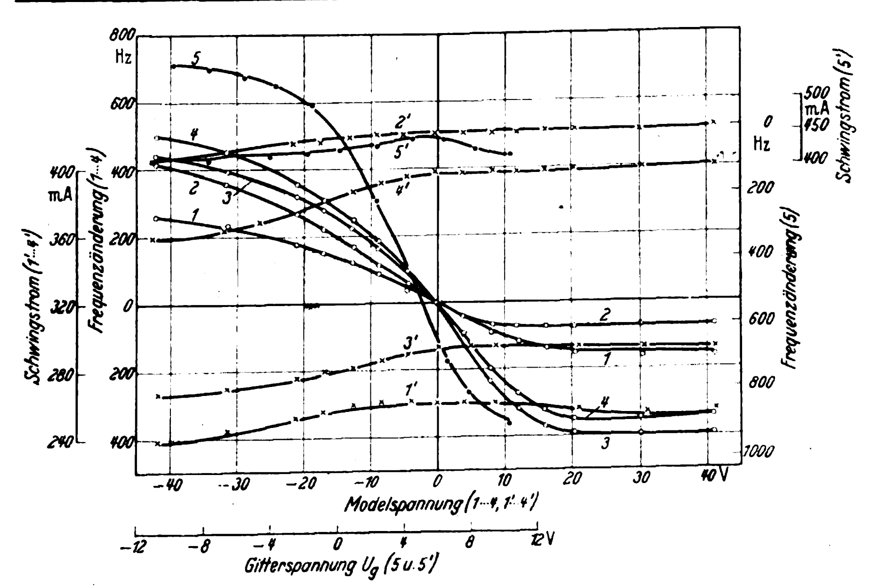


Bild 2. Modelungskennlinien einer Quarzstufe; $\Delta f = f(u_m)$ (1–4), Schwingstrom $\mathfrak{J} = f(u_m)$ (1'–4'), aufgenommen mit Schaltung Bild 1b und Bild 1c (5,5').

wie Bild 1 d zeigt. Die Modelungsfrequenz ist dabei durch L_m und C_m bestimmt. Schließlich kann auch daran gedacht werden, die beschriebene Gleichrichteranordnung in eine Brückenschaltung einzuführen und gemäß Bild 1 e eine Amplitudenmodelung beliebig erzeugter hochfrequenter Schwingungen vorzunehmen. Durch Einsatz in die in Bild 1 f gezeigte Brücke erreicht man mittels der Gleichrichter eine Phasenwinkelmodelung. *E. C. M.*

durch Querschaltung von Gleichrichtern mit kleiner Elektrodenkapazität, deren innerer Widerstand im Takt der Modelungsfrequenz geändert wird, verursacht. Als Gleichrichter werden indirekt geheizte Röhren verwendet, da die Elektrodenkapazität von Trockengleichrichtern und die Erdkapazität des Heizfadens direkt geheizter Röhren so groß sind, daß der Quarz praktisch kurzgeschlossen wäre. Den Aufbau einer solchen Steuerstufe zeigt Bild 1 a. Der durch die beiden in Reihe liegenden Gleichrichterröhren fließende Strom und deren hochfrequente Leitfähigkeit hängt damit vom Betrag und vom Vorzeichen der angelegten Spannung ab. Eine Messung mit Gleichspannung gemäß der in Bild 1 b gezeigten Schaltung ergab, daß der Wirkleitwert bei nicht zu hohen hochfrequenten Spannungen in Abhängigkeit von der Modelungsspannung geradlinig verläuft. Durch stufenweise Änderung der Steuerspannung an den Gleichrichtern in Bild 1 a, wie sie nach Ersatz des Modelungsübertragers durch die Gleichstromquelle in Bild 1 b vorgenommen werden kann, läßt sich in einfacher Weise der Frequenzverlauf in Abhängigkeit von der Steuerspannung feststellen. Das Ergebnis einer solchen Messung stellen die Kurven *1* bis *4* in Bild 2 dar. Bei Aufnahme der Kurven *1* und *2* hatte die Kapazität C_m eine Größe von 25 pF; zu den Kurven *3* und *4* gehört ein Kapazitätswert von $C_m = 50$ pF. Der Höchstwert des Schwingstromes im Anodenkreis der Schwingröhre, der durch Abstimmung von C eingestellt wurde, betrug im ersten Fall 440 mA, im zweiten Fall 430 mA. Bei der Aufnahme der Kurven *1* und *3* war der Anodenkreis kapazitiv etwas verstimmt; bei stärkerer kapazitiver Verstimmung ergaben sich die Kurven *2* und *4*. Die entsprechende Abhängigkeit des Schwingstromes von der Steuerspannung veranschaulichen die Kurven *1'* bis *4'*. Es kann festgestellt werden, daß sich die Frequenz der erzeugten Schwingung mit der Steuerspannung an den Gleichrichtern in der nächsten Umgebung des Nullpunktes nahezu nach einem linearen Gesetz ändert und daß der Frequenzhub im geradlinig verlaufenden Aussteuerungsbereich genügend groß ist. Der Verlauf der Schwingstromkurven läßt erkennen, daß die gleichzeitig auftretende Amplitudenmodelung vernachlässigbar klein ist. Infolge der mitauftretenden hochfrequenten Gleichrichtung entsteht am Ausgangswiderstand des Modulators eine zusätzliche Spannung, die zur Vermeidung einer unerwünschten Modelung durch weitestgehende Erniedrigung dieses Widerstandes vernachlässigbar klein gehalten werden muß. Die Untersuchung des Einflusses von Unterschieden in den Kennlinien der benutzten Gleichrichterröhren auf das Modelungsergebnis führte weiter zu der in Bild 1 c gezeigten Modelungsschaltung. Der Verlauf der mit dieser Schaltung erreichbaren Frequenzänderung in Abhängigkeit von der Steuerspannung u_g der einen, nun dreipolig ausgeführten Röhre des Gleichrichterringes zeigt Kurve *5* in Bild 2; die Kurve *5'* stellt den Verlauf des Schwingstromes dar. Bei der Aufnahme dieser Kurve war die Gleichrichtervorspannung $u_m = 0$. Während bei den bisherigen Schaltungen die Modelungsspannung einem besonderen Erzeuger entnommen werden mußte, besteht bei Ausführung der einen Röhre der Gleichrichteranordnung als Dreipolröhre die Möglichkeit, diese als Tonerzeuger auszubilden,

DK 534.31 + .32 : 621.395.623.64 + .7

Plastische Klangwiedergabe. [Nach K. de Boer, Philips techn. Rdsch. 5 (1940) S. 108; 8 S., 18 B.]

Bei den heute für Rundfunk und Tonfilm gebräuchlichen elektrischen Verfahren der Klangwiedergabe geht die einen wesentlichen Bestandteil unserer Schallempfindung bildende Richtungsempfindung verloren, wie eine Untersuchung der hiermit zusammenhängenden Fragen zeigt. Für die Lokalisierung einer Schallquelle gegenüber dem Wahrnehmer sind drei Größen maßgebend, und zwar der Abstand, die Richtung in der waagerechten Ebene und der Winkel mit dieser Ebene, d. h. die Höhe. Während die Höhe weniger wichtig ist, da in diesem Falle eine Richtungsfeststellung vor allem durch Schräghalten des Kopfes getroffen werden kann, kommt den beiden anderen Größen eine ausschlaggebende Bedeutung zu.

Das Entstehen der noch nicht völlig geklärten Abstandsempfindung ist z. B. bei einer Darbietung in geschlossenen Räumen zum Teil auf die Änderung des Verhältnisses zwischen direktem Schall und Nachhall zurückzuführen, da eine Abstandsänderung wohl eine Intensitätsänderung des unmittelbaren Schalles ergibt, die Intensität des Nachhalles indessen annähernd konstant bleibt. Bleibt der Nachhall des Wiedergaberaumes unberücksichtigt, so bleibt das jeweils entstandene Intensitätsverhältnis bei den gegenwärtigen elektroakustischen Übertragungen unberührt und bietet somit eine, wenn auch nur geringe Möglichkeit, eine gewisse Plastizität in der Wiedergabe zu erreichen.

Die demgegenüber wesentlich wichtigere Richtungsempfindung in der waagerechten Ebene entsteht durch das Zusammenwirken der beiden Ohren. Liegen die Ohren symmetrisch zur gegebenen Schallrichtung, dann empfangen beide den gleichen Eindruck. Kommt der Schall indessen aus einer mehr oder weniger seitlichen Richtung, dann erreicht er beide Ohren mit einem vom jeweiligen Winkel abhängigen Zeitunterschied (bei 3° z. B. $3 \cdot 10^{-5}$ s), und außerdem tritt bei der Beugung um den Kopf eine bestimmte Schwächung ein. Die experimentelle Erfassung der durch die Beugung entstehenden Intensitätsunterschiede zeigte, daß sie frequenzabhängig sind, und zwar ist bei Frequenzen unter etwa 300 Hz der Intensitätsunterschied für alle Winkel beinahe Null, während bei hohen Frequenzen schon kleine Winkel einen maximalen Intensitätsunterschied ergeben, der mit zunehmendem Winkel nicht mehr weiter ansteigt. Die beste Richtungsempfindung durch Intensitätsunterschiede ist bei Frequenzen zwischen etwa 1000 und 2000 Hz, also im Gebiet der niedrigsten Gehörschwelle, gegeben. Die Frequenzabhängigkeit der Beugung hat sinngemäß eine Änderung der Klangfarbe zur Folge, und somit entstehen für verschiedene Richtungen der Schallquelle Qualitätsunterschiede, die gleichfalls zur Richtungsempfindung beitragen können.

Soll bei der elektrischen Klangübertragung die Richtungsempfindung beibehalten werden, dann ist der Schall den beiden Ohren mit den richtigen Zeit- und Intensitätsunterschieden zuzuführen, was sich bei Verwendung zweier Mikrophone im richtigen Abstand, zweier getrennter Übertragungskanäle und zweier getrennt gespeister Kopfhörermuscheln erreichen läßt. Anders liegen die Verhältnisse bei der Lautsprecherwiedergabe, da hier nicht jedem Ohr ein getrennter Lautsprecher zugeordnet ist, sondern jedes Ohr beide Lautsprecher hört. Trotzdem würde sich, wie die Versuche gezeigt haben, z. B. in Tonfilmtheatern eine plastische Wiedergabe erreichen lassen, indem man für die Frequenzen über 300 Hz je einen Lautsprecher zu beiden Seiten der Leinewand aufstellt, während ein weiterer Lautsprecher für die tiefen Frequenzen an beliebiger Stelle stehen kann. Die beiden getrennt zu speisenden Hochtonlautsprecher dürfen allerdings keine Qualitätsunterschiede aufweisen.

Messungen haben gezeigt, daß bei einem solchen Vorgehen ein verhältnismäßig großer Teil der Zuhörer den Eindruck einer plastischen Wiedergabe erhält, während die mehr seitlich vorn sitzenden Hörer eine für jeden Platz errechenbare geringere Plastik bzw. im Grenzfalle überhaupt keine mehr wahrnehmen. *Nwg.*

Elektrowärme

DK 621.365 : 621.783.3

Die Herstellung von Schutzgasen aus Ammoniak zum Blankglühen. [Nach W. Kugler u. K. A. Lohausen, Elektrowärme 11 (1941) S. 1; 7 S., 13 B.]

Die Verwendung von aus Ammoniak hergestellten Schutzgasen für die elektrische Blankglühung hat in letzter Zeit erhebliche Fortschritte gemacht, da Ammoniak billiger als Wasserstoff ist und gegenüber den aus Kohlenwasserstoffen hergestellten Schutzgasen den Vorteil der Abwesenheit von Kohlenoxyden besitzt. Ein weiterer Vorteil ist seine praktisch völlige Freiheit von unerwünschten Beimengungen. Zur Gewinnung von Schutzgasen wird das Ammoniak, das aus 1 Atom Stickstoff und 3 Atomen Wasserstoff besteht, entweder aufgespalten, wobei eine Volumenverdopplung eintritt und das Schutzgas 75% Wasserstoff enthält, oder mit Luft teilweise verbrannt, wobei im Falle vollkommener Verbrennung mit der theoretischen Luftmenge aus 1 m³ Ammoniakgas 3,37 m³ Stickstoff gewonnen werden. Die Aufspaltung des Ammoniaks geht bei erhöhten Temperaturen von über 550° unter der Einwirkung geeigneter Katalysatoren vor sich, wobei außer der fühlbaren Wärme noch die Spaltungswärme aufgebracht werden muß. Für den Aufspaltungsgrad, d. h. für den Anteil gespaltenen Gases am Endprodukt, ist außer der Temperatur und der Zusammensetzung des Katalysators vor allem die Anzahl der Zusammenstöße von Gasmolekülen mit dem Katalysator maßgebend. Die verschiedenen bekannt gewordenen Bauarten von Spaltanlagen zeigen daher ausnahmslos langgestreckte, mit Katalysatormasse gefüllte Hohlräume, durch die das Gas hindurchgeleitet wird. Die älteste in Amerika entwickelte Bauform besitzt eine Rohrschlange, die in einem beheizten Gefäß untergebracht ist. Eine später in England entworfene Bauform enthält ein Bündel von gruppenweise parallel- und hintereinandergeschalteten Rohren, die ebenfalls in einem beheizten Gefäß sitzen. Diese Bauart läßt sich beim Füllen und Entleeren der Katalysatormasse leichter handhaben. In Deutschland wurde eine Bauform entwickelt, die als Katalysatorbehälter ein kastenförmiges Gefäß besitzt, in dem durch Leitwände für einen genügend großen Gasweg gesorgt wird. Die Katalysatorbehälter unterliegen in allen Fällen zweierlei Beanspruchungen: der Verzunderung durch die von außen einwirkende Atmosphäre und der Verstickung durch das von innen einwirkende Ammoniakgas. Beide Angriffe begrenzen die Lebensdauer. Aus diesen Gründen wurde mehrfach versucht, an Stelle von Chromnickelstahl keramische Baustoffe zu verwenden, doch ist die dichte Verbindung metallischer Gaszu- und -ableitungsrohre mit keramischen Spaltrohren schwierig. Eine in Deutschland geschaffene Bauform läßt den Austausch chromnickellegierter Baustoffe möglich erscheinen; sie besitzt zwei konzentrische Räume; im inneren wird das von oben eingeleitete Gas vorgespalten, um im äußeren elektrisch beheizten völlig aufgespalten zu werden. Die konzentrischen Räume sind durch einen keramischen Hohlzylinder getrennt, der die Heizwicklung trägt und unten Öffnungen zum Übertritt des Gases besitzt. Um das durch Risse oder Poren bzw. Fugen des keramischen Hohlzylinders etwa hindurchtretende Gas völlig aufzuspalten, ist dieser ebenfalls als Katalysatorträger ausgebildet.

Das durch Spalten von Ammoniak erhaltene Stickstoff-Wasserstoff-Gemisch kann in besonderen Verbrennergeräten mit Luft verbrannt werden. Um aber die bei der Verbrennung freiwerdende Wärme gleichzeitig zum Aufspalten des Ammoniaks zu verwenden, wurden verschiedene Vorschläge für Ammoniakverbrenner gemacht, die meistens darauf hinauslaufen, daß die heißen Verbrennungsgase bzw. die Flamme die Gaszuleitung umspülen, um das durch diese strömende Ammoniak vorzuwärmen und aufzuspalten. Die Inbetriebnahme derartiger Geräte macht jedoch große Schwierigkeiten. Es wurde daher versucht, den Verbrennungsvorgang durch Katalysatoren zu verbessern. Nachdem diese in Form von feinmaschigen Nickelsieben einen erheblichen Fortschritt brachten, wurde die Entwicklung vorläufig durch Einsatz von auf keramischen Trägern fein verteilten Metallen abgeschlossen. Die hiermit ausgerüsteten Ammoniakverbrenner leiten das Ammoniak-Luftgemisch zunächst einem elektrischen Zünder zu, der das Ammoniak soweit spaltet, daß die Verbrennung in Gang kommt. Nach Abschalten des Zünders übernehmen die durch die beginnende Verbrennung erwärmten Teile der Katalysatorfüllung die weitere Aufspaltung und Verbrennung. Zur Einstellung der Endzusammensetzung werden die benötigten Luftmengen in weiteren Stufen zugeführt. Die Arbeitstemperaturen, die sich an der Katalysatorfüllung einstellen, werden durch Schaulöcher an der Glühfarbe überwacht. Der Wasserstoffgehalt läßt sich zwischen etwa 4 und 30% regeln; seine untere Grenze ist nur dadurch gegeben, daß das Schutzgas mit Sicherheit völlig sauerstoffrei sein muß. Die obere Grenze wird durch den Wärmebedarf der Anlage bedingt. *Sb.*

Verkehrstechnik

DK 629.138.066

Bordstromversorgung von amerikanischen Flugzeugen. [Nach W. J. Clardy, Electr. Engng. 59 (1940) Transactions S. 385; 4 S., 11 B.]

Für die Stromversorgung von Großflugzeugen, die viele motorische Antriebe haben, wurde in den Ver. Staaten eine Drehstromanlage mit 110 V und 400 Hz entwickelt. Für kleinere Flugzeuge, die wenige motorische Antriebe haben, soll am 24 V-Gleichstromnetz festgehalten werden. Trotzdem zum Antrieb der Drehstromgeneratoren zwei besondere Verbrennungsmotoren benötigt werden, wovon der zweite zur Reserve dient, soll für den geschilderten Fall die Drehstromanlage das leichtere Gewicht ergeben. Für die besonderen Antriebe spricht ferner die Möglichkeit, am Boden das Bordnetz ohne fremde Stromquelle und ohne Lauf der Haupttriebwerke des Flugzeuges betreiben zu können. Die Drehstromgeneratoren sollen je 12,5 kVA bei 3430 U/min leisten und bei einem Wirkungsgrad von 92% etwa 45 kg wiegen. Bei noch höherem Wirkungsgrad würde das damit verbundene Mehrgewicht des Generators durch die Gewichtsersparnis an Kraft- und Schmierstoff für den Antriebsmotor, bezogen auf einen 40stündigen Flug, nicht mehr aufgehoben. Die Antriebe haben Asynchronmotoren von z. B. 6 PS bei 22 500 U/min und 6,8 kg Gewicht (ohne Getriebe); sie können bestenfalls das doppelte Vollastdrehmoment liefern. Die Spannungsregelung der Generatoren geschieht mit Hilfe von Elektronenröhren, die gleichzeitig auch den Strom für die Erregung gleichrichten. Zur Ladung des Sammlers dient ein Trockengleichrichter. Die Anlage ist erst betriebsbereit, wenn der Hilfsmaschinensatz warm gelaufen ist. Wenn der Reservemaschinensatz dauernd einsatzbereit sein soll, muß er daher dauernd mitlaufen. Für die 24 V-Gleichstromnetze wurden 5 kW-Generatoren entwickelt, die bei 3200, 4000 und 6000 U/min ein Gewicht von 32, 23 und 18 kg haben. Der Spannungsregler wiegt 4 kg. Die Generatoren haben Selbstbelüftung, werden durch die Triebwerksmotoren des Flugzeuges unmittelbar angetrieben und dienen auch zum Anlassen der Triebwerke. Von der nordamerikanischen Marine wird der Antrieb der Generatoren durch besondere Verbrennungsmotoren z. B. bei einem Flugzeug von 23 t Gewicht als viel zu schwer angesehen. Da außerdem von den elektrischen Motoren in der Hauptsache ein hohes Anlaufdrehmoment verlangt wird, soll für die Marine Gleichstrom besser sein als Wechselstrom. Für Gleichstrom entschied ferner die Möglichkeit, bei ihm mehrere Generatoren auf einfache Weise parallel betreiben zu können und einen Sammler als Notreserve und zur Deckung von Belastungsspitzen benutzen zu können. Gegen Drehstrommotoren mit hoher Drehzahl wird von der amerikanischen Marine eingewendet, daß sie nur geringes Drehmoment besitzen und ein Getriebe benötigen, wodurch ihr Anlauf bei tiefer Temperatur schwierig wird; auch die Lagerung und Schmierung wird bei hohen Drehzahlen als noch nicht hinreichend betriebssicher angesehen. *Vn.*

Werkstatt und Baustoffe

DK 620.179.141

Anwendung des Magnetpulververfahrens zur Risseprüfung. [Nach H. Schrader, Stahl und Eisen 60 (1940) S. 634 u. 653; 10½ S., 32 B.]

Das Magnetpulververfahren[1]) ermöglicht den Nachweis feiner Risse in magnetisierbaren Werkstoffen. Die kleinste nachweisbare Rißbreite beträgt etwa $^{2}/_{1000}$ mm. Noch feinere Risse, z. B. feinste Schleifrisse, werden nachweisbar, wenn sie vor der Magnetpulverprüfung durch schwaches Anätzen aufgeweitet werden. In besonderen Fällen kann sich daher die Verbindung der Magnetpulverprüfung mit einer vorausgehenden schwachen Beizung als zweckmäßig erweisen (Bild 3 u. 4). Eingehende Versuche über die Tiefenwirkung des Verfahrens in Abhängigkeit von der Rißbreite und der Magnetisierungsstärke ergaben beispielsweise, daß ein 0,5 mm breiter Riß mit Magnetfluß gerade noch in 5 mm Tiefe, mit Stromdurchflutung noch in 2 mm Tiefe unter der Oberfläche des Werkstückes festgestellt werden kann. — Risse können nur dann angezeigt werden, wenn

1) ETZ 59 (1938) S. 322. — ETZ 62 (1941) S. 414.

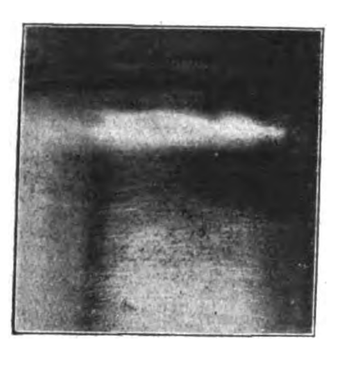




Bild 3. Durch Metallölbespülung unter Magnetfluß auf Risse geprüft.

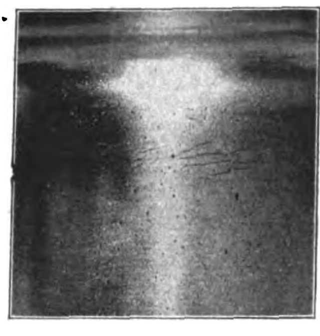


Bild 4. Nach vorausgehendem schwachem Beizen durch Metallölbespülung unter Magnetfluß auf Risse geprüft.

Bild 3 und 4. Sichtbarmachung sehr feiner Schleifrisse, die durch das Magnetpulverfahren übergangen werden, an einer gehärteten Kurbelwelle durch schwaches Beizen und nachfolgende magnetische Durchflutung.

sie eine Unterbrechung der magnetischen Kraftlinien darstellen, wenn also die Kraftlinien eine Komponente senkrecht zu den Rissen haben. Nach der vermutlichen Rißlage wählt man die Magnetisierungsrichtung. Bei unregelmäßigen Teilen, die ein wiederholtes Umbiegen der Kraftlinienrichtung verursachen, ergeben sich häufig unübersichtliche Verhältnisse hinsichtlich der anzeigenden Feldrichtung. Ein klares Bild hierüber gibt das Abtasten mit dem in der Reichs-Röntgenstelle entwickelten Testkörper. An einer Kurbelwelle wurde bei Prüfung mit Magnetfluß und mit Stromdurchflutung die Richtung der bevorzugten Fehlererkennbarkeit an den einzelnen Abschnitten festgestellt. Insbesondere bei Magnetfluß erwies sich dabei der Mittelteil der Welle als wesentlich schwächer magnetisiert als die den Polen zunächst liegenden Enden, so daß zur Prüfung eine Unterteilung in mehrere Prüfabschnitte durch mehrfache Einspannung notwendig ist. Magnetpulveransammlungen werden nicht nur durch Werkstoffehler, wie Risse, hervorgerufen, sondern auch durch stärkere Querschnittsänderungen, durch Kaltverformungen, ferner durch Seigerungen und Gefügeunterschiede. Auch Karbidseigerungen in gehärteten Stählen können Anzeigen verursachen. Die Anwendung des Magnetpulververfahrens und die Entscheidung über die Art der aufgedeckten Fehler erfordern somit genügende Erfahrungen. Es empfiehlt sich, von Fall zu Fall durch zusätzliche metallographische Untersuchungen zu klären, welcher Art die angedeuteten Fehlererscheinungen sind und ob die Magnetpulveranzeigen durch wirklich schädliche Werkstoffehler hervorgerufen wurden. *ro.*

DK 621.318.32

Zur Normung der Dauermagnetwerkstoffe. [Nach W. Zumbusch, Arch. Eisenhüttenw. 14 (1940/41) S. 127; 5 S., 3 B.]

Im Laufe der letzten Jahre nahm die Zahl der gebräuchlichen Dauermagnetwerkstoffe erheblich zu, wodurch die Wahl des für einen bestimmten Zweck technisch und wirtschaftlich günstigsten Werkstoffes erschwert wurde. Außerdem wirkte sich die fehlende Magnetwerkstoffnormung wirtschaftspolitisch ungünstig aus, wofür die Sparstoff-Bewirtschaftung Verbesserungen brachte. Die häufig gegebenen metallkundlichen Vorschriften bestimmter Legierungsgehalte bzw. der stofflichen Zusammensetzung genügen bei der wechselweisen Wirkung und den erheblich unterschiedlichen magnetischen Werten von Remanenz, Koerzitivkraft und Formbeiwert bei ähnlich legierten Werkstoffgruppen nicht, um eine Verwendung in sparstofflich und betriebswirtschaftlich günstiger Weise in allen Fällen sicherzustellen. Zumbusch schlägt daher zur Normung der Dauermagnetwerkstoffe vor, eine möglichst kleine Anzahl von Magnetwerkstoffen zugrunde zu legen, die in ihren Eigenschaften nach den Anforderungen des elektrotechnischen Gerätebaues in einer für die Befriedigung der werkstofflichen Aufgaben notwendigen Weise gestaffelt sind, und glaubt, daß mit sechs bis acht Werkstoffarten alle technischen Erfordernisse erfüllbar sind.

Für den rechnerischen Formenentwurf und für die Festlegung der physikalischen Eigenart eines Dauermagnetwerkstoffes ist die Kenntnis des mittleren Verlaufes der Entmagnetisierungskurve mit den $\mathfrak{B}$-$\mathfrak{H}$-Werten einschließlich der Kennlinie der umkehrbaren Permeabilität mit etwa 2 bis 3% Genauigkeit vorauszusetzen. Zur meßtechnischen Erfassung der Werte hat sich das Spannungsmesserjoch-Verfahren nach H. Neumann bewährt. Die $\mathfrak{B}$-$\mathfrak{H}$-Kurve eines Dauermagnetwerkstoffes kann aufgezeichnet werden, wenn folgende Kennwerte festliegen:

1. die Remanenz B_r in Gauß,
2. die Koerzitivkraft H_c in Oersted und
3. der Energiewert im günstigsten Arbeitspunkt

$$(B\,H)_{\max} \text{ in Gauß} \cdot \text{Oersted oder}$$

$$\frac{B\,H_{\max}}{8\,\pi} \text{ in Erg/cm}^3.$$

Zweckmäßiger erscheint die Festlegung und Kennzeichnung durch folgende Wertegruppe:

4. Energiewert $(B\,H_{\max})$ in Gauß · Oersted oder in Erg/cm³,
5. Permeabilität im günstigsten Arbeitspunkt

$$\mu_A = \frac{B_A}{H_A} \text{ in Gauß/Oersted,}$$

6. Kurvenfüllbeiwert $\eta = \frac{(B\,H)_{\max}}{B_r\,H_c} \cdot 100\%$.

Durch die unter 4. bis 6. genannten Größen ist die $\mathfrak{B}$-$\mathfrak{H}$-Kurve festgelegt, so daß ein Kennwert aus den abgerundeten Zahlenwerten dieser drei Größen die magnetische Eigenart des Werkstoffes eindeutig angibt. Der Kennwert wird mit drei Zahlenwerten etwa in der Form 14/136/49 angegeben. Anderseits gibt bei einer Angabe des Kennwertes sofort eine überschlägliche Auswertung Aufschluß über Größe und allgemeine Bauform der Magnete aus dem betreffenden Werkstoff; die erste Teilzahl des Kennwertes liefert mit dem Energienutzungsbeiwert das je 1000 Erg beanspruchter Nutzenergie anzusetzende Magnetvolumen und damit das Magnetgewicht. Die zweite Zahl läßt den Zusammenhang zwischen Magnetquerschnitt und -länge sowie die Änderung der Induktion je Oersted äußerer Feldstärke erkennen, während die dritte Teilzahl zusammen mit der zweiten die Art des Energieverlaufes kennzeichnet, was für die Formenberechnung entscheidend sein kann. Mit der zugrunde gelegten Genauigkeit läßt sich aus den Kennwerten die $\mathfrak{B}$-$\mathfrak{H}$-Kurve des betreffenden Werkstoffes aufzeichnen, wobei die Darstellung auf zahlenmäßige Verschiedenheit der drei Teilzahlen des Kennwertes empfindlich anspricht. Die Werte der umkehrbaren Permeabilität μ_{rev} ergeben sich zwar nicht unmittelbar aus der Kennziffer, stehen aber in einem nahezu festen Verhältnis zur Permeabilität μ_A im jeweiligen Arbeitspunkt. Die Verhältniszahl ist ihrerseits werkstoffabhängig; Zahlenwerte für ihre Ermittlung sind in der Originalarbeit angegeben.

Eine nach dem neuen Kennwert geordnete Zahlentafel der bisher wichtigsten benutzten Dauermagnetwerkstoffe weist etwa 50 verschiedene Legierungen auf. Legt man eine gestaffelte Güteabstufung zugrunde, so kommt man mit wesentlich weniger Werkstoffen aus. Interessant ist der in Tafel 1 wiedergegebene Wirtschaftlichkeitsvergleich von zwölf bekannten Magnetwerkstoffen. Danach sind die beiden zuletzt angegebenen hochlegierten Dauermagnetwerkstoffe durch ihre Güte und durch niedrige Legierungskosten allen übrigen Stählen mit Ausnahme der beiden erstgenannten überlegen. Außer den wirtschaftlichen Gesichtspunkten sind aber häufig noch andere maßgebend, wie die Verarbeitbarkeit; so ist die Beibehaltung von Kobaltstählen neben wirtschaftlich günstigen Eisen-Nickel-Aluminium-Legierungen vorwiegend durch die leichtere Bearbeitbarkeit der Kobaltstähle begründet. *an.*

Tafel 1. Wirtschaftlichkeitsvergleich bekannter Magnetwerkstoffe.

Kennwert	Werkstoff	Verhältnismäßige Legierungskosten je 1000 Erg
12-150-46	Cr-Stähle	0,5 bis 0,8
16-120-50	Cr-W-Co-Stahl, niedriglegiert	1.4 bis 1.6
20-070-45	Stähle mit 6 bis 7% Co	3,9 bis 4.3
27-048-45	Stähle mit 12 bis 14% Co	4.7 bis 5.2
27-048-45	Fe-Ni-Al-Legierung	3,2 bis 3,4
37-040-44	Stähle mit 25 bis 27% Co	6,2 bis 6,8
50-013-38	Fe-Ni-Al-Legierung	2,4 bis 2,6
52-020-41	Fe-Ni-Al-Co-Legierung	2,3 bis 2,5
66-010-36	Fe-Ni-Al-Co-Legierung	2,8 bis 3,0
83-007-33	Fe-Ni-Al-Co-Ti-Legierung	3,6 bis 3,8
130-015-48	Fe-Ni-Al-Co-Ti-Legierung	1,8 bis 2,0
190-023-70	Fe-Ni-Al-Co-Legierung	1,3 bis 1,4

AUS ERZEUGUNG UND VERBRAUCH

Wirtschaftlichkeit der Blindstromkompensation durch Phasenschieberkondensatoren

Von Hermann Roser VDE, Bochum

DK 621.319.4 : 621.316.11

Übersicht. Für die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit von Phasenschieberkondensatoren werden die wichtigsten Richtlinien vom Standpunkt des Stromversorgungsunternehmens und des Abnehmers an drei einfachen Kreisfunktionen klargestellt. Aus den entsprechenden Kurven wird der wirtschaftliche Grenz-cos φ für die Blindstromkompensation auf der Erzeuger- und auf der Abnehmerseite für bestimmte Betriebsfälle untersucht.

In der deutschen Elektrizitätswirtschaft gehen jährlich viele kWh als Verlustarbeit durch Blindstrom verloren. Hiervon auch nur einen Teil kompensieren, bedeutet Einsparung an wertvoller Kohle und sonstigen wichtigen Rohstoffen vornehmen. Die allgemeine Entlastung der Netze vom Blindstrom muß daher zur Unterstützung der Bestrebungen des Vierjahresplanes als vordringlich angesehen werden. Dabei ist aber nicht etwa eine Änderung der Verbrauchsgeräte beabsichtigt. Der vor rd. 15 Jahren versuchte Weg, den Blindstrombedarf der Motoren durch umständliche Sonderkonstruktionen, etwa in Form des kompensierten Motors, aufzuheben, hat sich nicht bewährt. Vielmehr hat sich infolge seiner besonderen Einfachheit der Kurzschlußläufermotor im Betrieb allgemein durchgesetzt. Die Aufgabe der Blindstromkompensation ist deshalb heute in erster Linie darin zu erblicken, daß die vom Verbraucher angeforderte Blindstromenergie möglichst nahe am Verbrauchsort erzeugt wird. Bereits früher wurde nachgewiesen, daß heute für diesen Zweck in erster Linie der Phasenschieberkondensator in Betracht kommt, da dieser Blindstromerzeuger gegenüber dem umlaufenden Phasenschieber verschwindend kleine Eigenverluste aufweist [1], [2]*).

Die Entlastung der vorhandenen Leitungen, Transformatoren und sonstigen Netzeinrichtungen vom Blindstrom durch Einbau von Phasenschieberkondensatoren hat bei dem heute vorliegenden starken Belastungsanstieg noch eine besondere Bedeutung erlangt: Durch die Verbesserung des Leistungsfaktors am Orte des Blindstromverbrauches wird die Leistungsfähigkeit der Transportwege erhöht und die Spannungshaltung im Netz in wirksamer Weise unterstützt [3 bis 8]. Bei den heute vielfach vorliegenden kurzfristigen Anforderungen von Mehrlieferung bzw. Neuanschlüssen ist der Phasenschieberkondensator im Betrieb oft das einzige Mittel, um ohne eine Verstärkung des vorhandenen Netzes mit verhältnismäßig geringem Aufwand an Werkstoffen und Kosten eine erhöhte Wirklastlieferung durchführen zu können. Der Phasenschieberkondensator hat außerdem den Vorteil der leichten Transportmöglichkeit, d. h. bei den Neuanschlüssen, die infolge bestimmter Umstände nur als vorübergehend anzusehen sind, können später die Kondensatoren ohne große Kosten abtransportiert und an anderen Stellen im Netz neu aufgestellt werden. Hierdurch werden also Netzverstärkungen eingespart.

Im Betrieb ergibt sich nun die Frage, wieweit der Einbau von Phasenschiebern wirtschaftlich ist bzw. bis zu welchem Leistungsfaktorwert die Blindstromkompensation getrieben werden soll. Außerdem ist zu entscheiden, ob die Blindstromkompensation zweckmäßiger auf der Seite des Stromlieferanten oder des Abnehmers durchgeführt werden soll.

*) Die Zahlen in eckigen Klammern [ ] beziehen sich auf das Schrifttumsverzeichnis am Schluß der Arbeit.

I. Blindstromkompensation auf der Erzeugerseite

Die Wirtschaftlichkeit von Kondensatoren, die das Stromversorgungsunternehmen selbst zur Entlastung der vorhandenen Netzeinrichtungen aufstellt, wird in erster Linie von dem Betrag der Kupferverluste bestimmt, die durch den Einbau der Kondensatoren eingespart werden. Die folgende Untersuchung berücksichtigt allein diese Einsparung an Verlust-kWh. Darüber hinaus wirkt sich natürlich auch die vorläufige bzw. endgültige Einsparung von Netzerweiterungen für die Wirtschaftlichkeit des Kondensators günstig aus. Dieser Vorteil ist jedoch mit Rücksicht auf die Verschiedenartigkeit der Netzverhältnisse schlecht abzuschätzen und soll deshalb in der Untersuchung über die Wirtschaftlichkeitsgrenze nicht berücksichtigt werden.

Der Zusammenhang zwischen den Transportverlusten und der Blindleistung kann in einfachster Form durch Kreisfunktionen dargestellt werden [9]. Diese Darstellungsart ist deshalb auch für die Ermittlung der Wirtschaftlichkeit der Kondensatoren sehr geeignet. Es genügen drei Tangensfunktionen, um die wichtigsten bezüglich der Wirtschaftlichkeit interessierenden Fragen zu beantworten. Um die allgemeinen Gleichungen zu veranschaulichen, wird im folgenden hinter den einzelnen Fragen jeweils der Wert für ein bestimmtes Netz zahlenmäßig angegeben.

Netzbeispiel bestimmter Größe

In dem Netz nach Bild 1 soll eine Empfangsleistung von $N_W = 100$ kW von den Maschinenklemmen G zum Verbraucher M transportiert werden. Die Verluste N_V sollen hierbei 10 %, d. h. 10 kW (Spitze) betragen. Bei einem cos φ = 0,707 auf der Leitung ergibt sich daraus für den Blindstromtransport ein Verlustanteil von $N_{V_B} = 5$ %. Der Kurzschlußwinkel der Zuleitung ist zu $\varphi_K = 45°$, d. h. tg $\varphi_K = X/R = 1$ angenommen. In den folgenden Formeln wird nun der Netzverlust N_V immer auf einen mittleren cos φ_N = 0,707 im Netz vor der Kompensation bezogen, da sich damit besonders übersichtliche Verhältnisse ergeben. Betragen z. B. die Verluste in einem anderen Netz $N_V = 11$ % bei cos φ = 0,8, so würde dieses Netz bei Belastung mit cos φ = 0,707 einen Verlust $N'_V \approx 14{,}1$ % aufweisen. Der Zusammenhang zwischen N_V und N'_V sowie N_{V_B} und N'_{V_B} geht aus den folgenden Formeln hervor:

$$N'_V = \frac{2\,N_V}{1 + \mathrm{tg}^2\,\varphi_N}\ \text{[kW]}$$

$$N'_V = 2\,N'_{V_B}\ \text{[kW]}$$

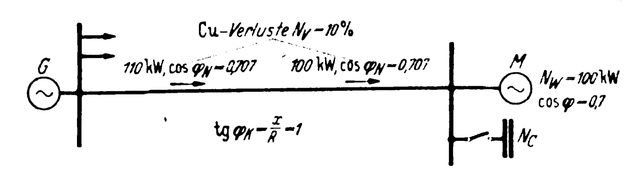


Bild 1. Netzbeispiel mit Größenangaben.

Darstellung der tg-Werte und betriebliche Auswertung

In der Kurvendarstellung Bild 2 sind die tg-Werte für das in Bild 1 dargestellte, dem Betrieb entnommene Beispiel einer Netzübertragung mit 10 % Verlusten bei einem mittleren Netz-cos $\varphi_N = 0{,}707$ dargestellt. Im Betrieb interessieren insbesondere die Fragen:

1. Welche Cu-Verluste verursacht der Blindstromtransport in den Leitungen, Transformatoren usw.?

Antwort aus der Kurve ($\mathrm{tg}^2\,\varphi$)

$$N_{V_B} / N_W = f(\cos\varphi)\ [\%],$$

dargestellt durch die Funktion

$$\frac{N_V'}{2}\,\mathrm{tg}^2\,\varphi = f(\cos\varphi) \qquad (1)$$

(Verbrauchsspannung als konstant vorausgesetzt).

Im Beispiel Bild 2, Gl. (1):

$$5\,\mathrm{tg}^2\,\varphi,$$

d. h. 100 kW bringen bei $\cos\varphi = 0{,}707$ einen Verlustanteil durch Blindstromtransport von $N_{V_B} = 5$ kW.

2. Welcher Kondensatorenaufwand N_C ist erforderlich, um den Leistungsfaktor jeweils auf $\cos\varphi = 1$ zu verbessern?

Antwort aus der Kurve ($\mathrm{tg}\,\varphi$)

$$N_C/N_W = f(\cos\varphi)\ [\%],$$

dargestellt durch die Funktion

$$100\,\mathrm{tg}\,\varphi = f(\cos\varphi). \qquad (2)$$

Im Beispiel Bild 2, Gl. (2):

$$100\,\mathrm{tg}\,\varphi,$$

d. h. um von $\cos\varphi = 0{,}707$ auf $\cos\varphi = 1$ zu verbessern, muß eine Kondensatorenleistung $N_C = 100$ BkVA eingebaut werden.

3. Welcher Erfolg an Verlustersparnis ist bei Einbau einer kleinsten Kondensatoreinheit zu Beginn der Kompensation zu erzielen?

Antwort aus der Kurve ($\mathrm{tg}\,\varphi$) (Kondensatorenverluste vernachlässigt) durch das Differential von Gl. (1): Gl. (2)

$$\frac{\mathrm{d}N_{V_B}}{\mathrm{d}N_C} = \frac{\dfrac{\mathrm{d}N_{V_B}}{\mathrm{d}\varphi}}{\dfrac{\mathrm{d}N_C}{\mathrm{d}\varphi}} = f(\cos\varphi)\ [\mathrm{kW/BkVA}],$$

dargestellt durch die Funktion

$$\frac{N_V'}{100}\,\mathrm{tg}\,\varphi = f(\cos\varphi). \qquad (3)$$

Im Beispiel Bild 2, Gl. (3):

$$\frac{1}{10}\,\mathrm{tg}\,\varphi,$$

d. h. zu Beginn der Kompensation bringt jedes eingebaute Kondensatoren-BkVA eine Verlustersparnis

$$\mathrm{d}N_{V_B} = 0{,}1\ \mathrm{kW/BkVA}.$$

4. Welche mittlere Ersparnis an Verlust-kW je Kondensator BkVA läßt sich bei Kompensation auf $\cos\varphi = 1$ erzielen?

Antwort aus der Kurve (tg)

$$\frac{N_{V_B}}{N_C} = \frac{\displaystyle\int_{\varphi_N}^{\varphi=0^\circ} \frac{\mathrm{d}N_{V_B}}{\mathrm{d}\varphi}}{\displaystyle\int_{\varphi_N}^{\varphi=0^\circ} \frac{\mathrm{d}N_C}{\mathrm{d}\varphi}} = f(\cos\varphi)\ [\mathrm{kW/BkVA}],$$

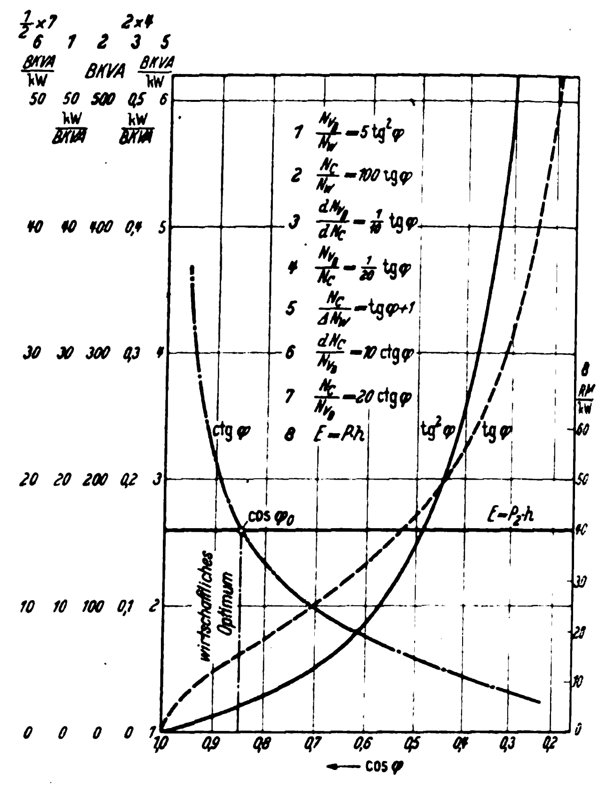


Bild 2. Darstellung der Wirtschaftlichkeit von Kondensatoren durch drei tg-Funktionen.

Beispiel: $N_W = 100$ kW, $\cos\varphi = 0{,}707$
$N_V = 10\,\%$ $N_{V_B} = 5\,\%$

dargestellt durch die Funktion

$$\frac{N_V'}{200}\,\mathrm{tg}\,\varphi = f(\cos\varphi). \qquad (4)$$

Im Beispiel Bild 2, Gl. (4):

$$\frac{1}{20}\,\mathrm{tg}\,\varphi,$$

d. h. die mittlere Verlustersparnis in kW je Kondensator-BkVA bei Kompensation bis $\cos\varphi = 1$ beträgt

$$N_{V_B} = 0{,}05\ \mathrm{kW/BkVA}.$$

5. Welcher Kondensatorenaufwand ist erforderlich, um bei konstanter Spannungshaltung für den Abnehmer einen Mehrbezug von 1 kW mit $\cos\varphi_N$ zu ermöglichen?

Antwort aus der Kurve tg mit

$$\frac{N_C}{\mathrm{d}N_W} = \mathrm{tg}\,\varphi_N + \mathrm{ctg}\,\varphi_K\ [\mathrm{BkVA/kW}]. \qquad (5)$$

Im Beispiel Bild 2, Gl. (5):

$$\mathrm{tg}\,\varphi_N + 1,$$

d. h. zur Vergrößerung der Transportmöglichkeit um 1 kW bei gleicher Empfangsspannung muß eine Kondensatorenleistung von $N_C = 2$ BkVA eingebaut werden.

6. Welcher Kondensatorenaufwand ist erforderlich, um zu Beginn der Kompensation eine kleinste Einheit der Blindstromverluste einzusparen?

Antwort aus der Kurve (ctg) durch das Differential aus Gl. (2) : Gl. (1)

$$\frac{\dfrac{\mathrm{d}N_C}{\mathrm{d}\varphi}}{\dfrac{\mathrm{d}N_{V_B}}{\mathrm{d}\varphi}} = f(\cos\varphi)\ [\mathrm{BkVA/kW}],$$

dargestellt durch die Funktion

$$\frac{100}{N_V'} \text{ ctg } \varphi = \text{f } (\cos \varphi) . \qquad (6)$$

Im Beispiel Bild 2, Gl. (6):

$$10 \text{ ctg } \varphi ,$$

d. h. zu Beginn der Kompensation ist zur Ersparnis von 1 kW Verluste ein Kondensatorenaufwand von $\mathrm{d}\, N_C =$ 10 BkVA/kW erforderlich.

7. Welcher mittlere Kondensatorenaufwand je kW Verlustersparnis ist erforderlich bei einer Kompensation bis auf $\cos \varphi = 1$?

Antwort aus der Kurve (ctg)

$$\frac{N_C}{N_{V_B}} = \frac{\int\limits_{\varphi_N}^{\varphi = 0^\circ} \frac{\mathrm{d}\, N_C}{\mathrm{d}\, \varphi}}{\int\limits_{\varphi_N}^{\varphi = 0^\circ} \frac{\mathrm{d}\, N_{V_B}}{\mathrm{d}\, \varphi}} = \text{f } (\cos \varphi) \text{ [BkVA kW]},$$

dargestellt durch die Funktion

$$\frac{200}{N_V'} \text{ ctg } \varphi = \text{f } (\cos \varphi) . \qquad (7)$$

Im Beispiel Bild 2, Gl. (7):

$$20 \text{ ctg } \varphi ,$$

d. h. bei Kompensation auf $\cos \varphi = 1$ ist im Durchschnitt ein Kondensatorenaufwand von $N_C = 20$ BkVA/kW erforderlich.

Ermittlung des Wirtschaftlichkeitsoptimums

Mit Hilfe der ctg-Kurve kann nun auch die Frage beantwortet werden, wie hoch die Kompensation getrieben werden soll bzw. bis zu welchem Leistungsfaktorwert der Einbau von Kondensatoren noch wirtschaftlich ist. Es genügt hierzu, in Bild 2 den Schnittpunkt der ctg-Kurve mit der Geraden [Gl. (8)] festzustellen; diese stellt den Wert E der eingesparten kWh je reduziertes Verlust-kW dar.

$$E = P_2\, h \text{ [RM je kW und Jahr]} \qquad (8)$$

Unter der Voraussetzung eines Preises $P_2 = 0{,}02$ RM für die Verlust-kWh und einer Benutzungsdauer $h = 2000$ Stunden im Jahr für das Verlust-kW ergibt sich: $E = 0{,}02 \cdot 2000 = 40$ RM je kW und Jahr.

Als Maßstab für die Kurve (ctg) muß in diesem Fall in Abänderung der Gl. (6) der Kondensatorenpreis eingesetzt werden nach

$$\frac{P_C\, K\, 50\, (1 + \text{tg}^2\, \varphi_N) \text{ ctg } \varphi}{N_V} = \text{f } (\cos \varphi) \qquad (6\,\text{a})$$

(Kondensatorenpreis in RM je Jahr je eingespartes Verlust-kW).

Dabei ist P_C der Preis für das fertig installierte BkVA = 25 RM/BkVA und der Kapitaldienst $K = 10\,\%$ angenommen.

Wird Gl. (8) und (6 a) gleichgesetzt, so ergibt sich als Schnittpunkt der folgende Wert:

$$\text{tg } \varphi_0 = \frac{50\, (1 + \text{tg}^2\, \varphi_N)\, P_C\, K}{P_2\, h\, N_V} . \qquad (9)$$

Im Beispiel:

$$\text{tg } \varphi_0 = \frac{6{,}25}{N_V} ,$$

$$\cos \varphi_0 = 0{,}85 .$$

Der $\cos \varphi_0$ bezeichnet den optimalen Winkel φ_0, bis zu dem die Kompensation den größten wirtschaftlichen Erfolg bringt. Bei Kompensation über diesen Winkel hinaus nimmt entsprechend Gl. (3) die Verlustersparnis je

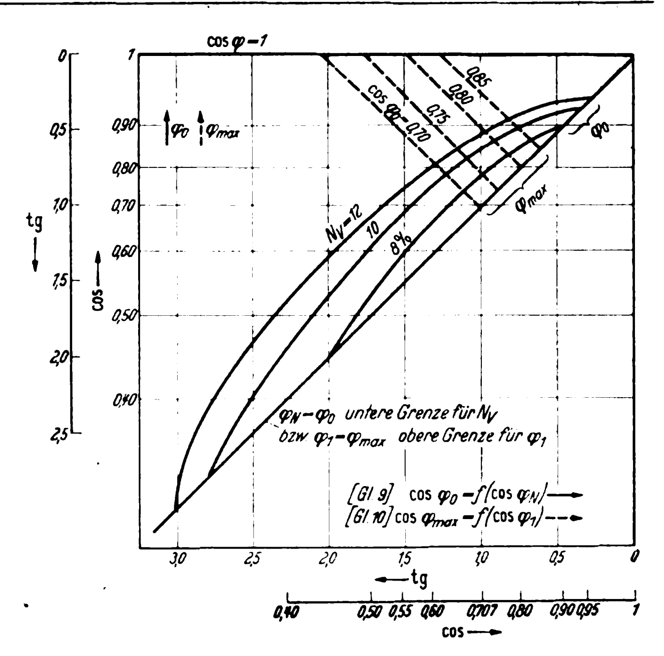


Bild 3. Ermittlung des optimalen und maximalen $\cos \varphi$ für die Blindstromkompensation.

Kondensator-BkVA immer mehr ab; sie reicht oberhalb φ_0 nicht mehr aus, um den Aufwand für die Kondensatoren gemäß Gl. (6) zu kompensieren. Wie Gl. (9) zeigt, ist der optimale $\cos \varphi_0$ lediglich bestimmt von den Netzverlusten N_V und kann somit als eine Konstante des Netzes bzw. der Übertragungsleitung angesehen werden.

In Bild 3 ist für das angeführte Beispiel Gl. (9) als Funktion von $\cos \varphi_N$ dargestellt. Aus diesem Kurvenbild kann für verschiedene Netzverluste sowie für jeden $\cos \varphi_N$ der Übertragung der optimale $\cos \varphi_0$ abgelesen werden. Für die Verluste ist die untere Grenze gegeben durch die Gerade $\cos \varphi_0 = \cos \varphi_N$. In dem angenommenen Beispiel ist also bei Netzverlusten unterhalb von 6,25 % eine Wirtschaftlichkeit für die Kondensatoren nicht mehr zu erzielen.

Ermittlung der Wirtschaftlichkeitsgrenze

Mit dem optimalen $\cos \varphi_0$ ist die Wirtschaftlichkeitsgrenze noch nicht erreicht. Wird z. B. in dem angenommenen Beispiel von einem Ausgangs-$\cos \varphi_1 = 0{,}7$ bis zum optimalen $\cos \varphi_0 = 0{,}85$ kompensiert, so haben die Kondensatoren bis dahin einen Verlustbetrag eingespart, der über den Kondensatorenkosten liegt. Wird jetzt noch über $\cos \varphi_0 = 0{,}85$ hinaus weiter kompensiert, so bringt jedes weitere Kondensator-BkVA eine kleinere Verlustersparnis ein, bis schließlich bei der Grenze $\cos \varphi_{\max}$ der Überschuß für die Kompensation von φ_1 auf φ_0 durch den Minderertrag der Kompensation von φ_0 auf $\varphi_{\max}$ verbraucht ist. Bei $\cos \varphi_{\max}$ ist also die gesamte Kompensation gerade noch durch die Verluste gedeckt, während bei $\cos \varphi_0$ die Kondensatoren einen optimalen Gewinn einbringen. Für die Bestimmung des $\cos \varphi_{\max}$ ergibt sich demnach aus der Beziehung

$$\text{tg } \varphi_1 - \text{tg } \varphi_0 = \text{tg } \varphi_0 - \text{tg } \varphi_{\max}$$

die Gleichung:

$$\underline{\underline{\text{tg } \varphi_{\max} = 2 \text{ tg } \varphi_0 - \text{tg } \varphi_1}} . \qquad (10)$$

Im Beispiel:

$$\text{tg } \varphi_{\max} = 0{,}25 ,$$

$$\cos \varphi_{\max} = 0{,}97 .$$

In Bild 3 ist der Grenz-$\cos \varphi_{\max}$ als Funktion des Ausgangswinkels $\cos \varphi_1$ für die den normalen Verlustverhältnissen entsprechenden Werte $\cos \varphi_0 = 0{,}85$ bis 0,7 dargestellt. Der Wert $\varphi_1 = \varphi_0$ ist die obere Grenze für den Beginn der Kompensation, d. h. in dem vorliegenden Bei-



spiel hat es keinen Sinn, bei einem Netz-$\cos\varphi$ von 0,85 überhaupt noch mit der Kompensation zu beginnen.

Wie Bild 3 zeigt, ist es in vielen Fällen möglich, den Einbau von Phasenschieberkondensatoren seitens des Stromversorgungsunternehmens durch die eingesparten Verluste zu finanzieren. Die mannigfachen technischen Vorteile, welche die Blindstromkompensation außerdem für das Netz bringt, wie z. B. Spannungsverbesserung, Entlastung bzw. erhöhte Leistungsfähigkeit der Transportwege, Einsparung von Netzverstärkungen u. a., sind dann also ohne besonderen Kostenaufwand erzielt. Die Verlustersparnis je eingebautes BkVA ist um so größer, je schlechter der $\cos\varphi$ vor der Kompensation ist. Umgekehrt ist der freigemachte Querschnitt der Transportwege entsprechend Gl. (5) um so größer, je besser der $\cos\varphi_N$ vor der Kompensation ist. Wie die aufgezeichneten tg-Funktionen erkennen lassen, kann in Netzen mit schlechtem Leistungsfaktor die Verlustersparnis durch Einbau von Phasenschieberkondensatoren unter Umständen recht bedeutend sein. In besonders günstigen Fällen erfordert das ersparte Verlust-kW weniger als 200 RM Kapitalaufwand. Die eingesparten Verlust-kWh erfordern so gut wie keine laufenden Kosten und tragen wirtschaftlich die Blindstromkompensation bis zu einer Grenze, bei der die Kapitalkosten für die Kondensatoren die Kosten für die eingesparten Verlust-kWh übersteigen. Diese Grenze liegt je nach den Netzverhältnissen im Betrieb bei $\cos\varphi = 0{,}8$ bis 0,95. Eine Blindstromkompensation über $\cos\varphi = 0{,}9$ hinaus dürfte für das Stromerzeugungswerk in den meisten Fällen unwirtschaftlich sein und ist deshalb nicht zu empfehlen.

II. Blindstromkompensation beim Abnehmer

Die Wirtschaftlichkeit der Kondensatoren beim Abnehmer wird in erster Linie von dem Strompreis bzw. dem vereinbarten Tarif bestimmt. Die eingesparten Kupferverluste fallen für den Abnehmer meist nicht ins Gewicht; für ihn besteht ein Anreiz zum Aufstellen von Kondensatoren selbstverständlich nur dann, wenn er damit eine Senkung der Stromrechnung erzielt. Also muß ein besonderer Blindstromtarif vereinbart sein. In der Praxis kommen in erster Linie folgende drei Tarifarten für die Berechnung der verbrauchten Blindarbeit bzw. des Leistungsfaktors in Betracht [10, 11].

a. Blindverbrauchstarif

Neben dem Arbeitspreis für den Wirkstromverbrauch wird auch der Blindstromverbrauch mit einem bestimmten Prozentsatz des Wirkstrompreises belastet. Hierbei wird meist ein bestimmter Leistungsfaktor, z. B. $\cos\varphi = 0{,}8$, als einzuhaltender Mindestwert festgelegt. Für einen besseren Leistungsfaktor wird eine Rückvergütung R auf den eingesparten Blindstromverbrauch gezahlt, bei schlechterem $\cos\varphi$ erhält die zusätzlich mehr verbrauchte BkVAh einen entsprechenden Preisaufschlag. Es bedeuten:

R Rückvergütung für die eingesparte BkVAh oberhalb $\cos\varphi = 0{,}8$ in % des Wirkstrompreises,
P_1 Strompreis in Rpf/kWh,
N_C Kondensatorenleistung in BkVA,
P_C Kondensatorenpreis in RM/BkVA,
K Kapitaldienst in % je Jahr,
h Benutzungsdauer der Kondensatoren.

Damit ergibt sich für die Strompreisermäßigung oberhalb $\cos\varphi = 0{,}8$ der Betrag

$$R\,P_1\,h\,N_C .$$

Die Wirtschaftlichkeitsgrenze wird dann erreicht, wenn dieser Betrag dem Jahresaufwand für die Kondensatoren $P_C\,K\,N_C$ gleichgesetzt wird. Der Einbau der Kondensatoren ist dann also wirtschaftlich bis zu einem minimalen Strompreis von

$$P_{1\,min} = \frac{P_C\,K}{h\,R}\ \text{[Rpf/kWh]} \qquad (11)$$

Beispiel. Ein Abnehmer bezahlt einen Strompreis von 5 Rpf für die Wirk-kWh. Sofern die verbrauchte Blindstrommenge 75 % des Wirkstromverbrauches beträgt, wird der Blindstrom nicht berechnet. Der darüber hinausgehende Blindstromverbrauch wird mit 12 % des Wirkstromes berechnet, für die weniger entnommene Menge werden 6 % des Wirkstromtarifes vergütet. Hieraus ergibt sich mit $R = 6\%$, $K = 10\%$, $P_C = 25$ RM/BkVA, $h = 2000$ Stunden: $P_{1\,min} = 2{,}1$ Rpf/kWh. Bei einem Strompreis von 5 Rpf/kWh ist also die Kompensation für den Abnehmer sehr lohnend.

Wie Gl. (11) zeigt, ist beim Blindstromverbrauchstarif die Wirtschaftlichkeit der Kondensatoren unabhängig vom Leistungsfaktor; es gibt also auch keine obere Grenze $\cos\varphi_{max}$ für die Kompensation. Falls die Kompensation sich überhaupt lohnt, so erstreckt sich diese Wirtschaftlichkeit bis zur vollen Kompensation. Der Abnehmer mit Blindverbrauchstarif will also immer bis möglichst $\cos\varphi = 1$ kompensieren. Es empfiehlt sich jedoch, daß das Stromverteilungsunternehmen aus technischen Gründen, insbesondere wegen der Gefahr einer Überkompensation im Netz bei Schwachlast, eine obere Grenze, z. B. $\cos\varphi = 0{,}9$ oder 0,95 auch für die Abnehmerkompensation festsetzt.

b. Scheinleistungstarif

Bei diesem Tarif wird außer der Wirkstromverrechnung eine bestimmte Leistungszulage für jedes kVA der während einer festgelegten Zeit registrierten höchsten Scheinleistungsspitze berechnet [12]. Bezeichnet G die Grundgebühr für jedes durch den Einbau von Kondensatoren eingesparte kVA der Spitze, so ergibt sich für den wirtschaftlichen Winkel φ_0 die Formel

$$\sin\varphi_0 = \frac{P_C\,K}{G} . \qquad (12)$$

Beispiel. Ein Verbraucher zahlt für jedes kVA der in einem Monat erreichten Spitze eine Leistungsgebühr von 1 RM je Monat, dann ergibt sich als Kompensationsgrenze $\sin\varphi_0 = 0{,}21$, $\cos\varphi_0 = 0{,}98$. Auch beim Scheinleistungstarif ist also die Kompensation für den Abnehmer in den meisten Fällen praktisch bis in die Nähe von $\cos\varphi = 1$ wirtschaftlich.

c. Gemischter Tarif

Dieser Tarif ist eine Vereinigung der Tarife von a und b. Neben dem Leistungspreis für das Spitzen-kVA wird auch für den Blindstromverbrauch eine besondere Berechnung erhoben. Für den wirtschaftlichen Grenzwinkel φ_0 ergibt sich die Gleichung:

$$\sin\varphi_0 = \frac{P_C\,K - R\,P_1\,h}{G} . \qquad (13)$$

Beispiel. Ein Verbraucher zahlt einen Arbeitspreis von 2 Rpf/kWh Wirkstrom, außerdem einen Leistungszuschlag von 1 RM je kVA und Monat, und erhält eine Blindstromrückvergütung von $R = 6\%$ für jede BkVAh oberhalb von $\cos\varphi = 0{,}8$. Hieraus ergibt sich:

$$\sin\varphi_0 = \frac{25\cdot 0{,}1 - 0{,}06\cdot 0{,}02\cdot 2000}{12} = \frac{0{,}10}{12} = 0{,}0083,$$

$$\cos\varphi_0 = 1.$$

Auch beim gemischten Tarif ist also in der Regel für den Abnehmer die Kompensation bis $\cos\varphi = 1$ lohnend.

III. Die Rückwirkung der Abnehmerkompensation auf das Stromversorgungsunternehmen

Der Gewinn bzw. die Strompreisermäßigung für den Abnehmer bedeutet einen Ausfall auf der Einnahmenseite des Stromlieferwerkes. Dieses hat also, abgesehen von den sonstigen Vorteilen, welche die Abnehmerkompensation unter Umständen außerdem für das Werk bringt,



an der Aufstellung von Kondensatoren beim Abnehmer nur insoweit ein Interesse, als der Ausfall an Stromeinnahmen durch die im Netz infolge der Blindstromentlastung eingesparten Kupferverluste gedeckt wird. Dieser optimale $\cos\varphi_0$, bis zu dem sich für das Stromversorgungsunternehmen die Abnehmerkompensation noch wirtschaftlich lohnt, liegt gewöhnlich erheblich tiefer als für die werkseigene Kompensation.

a. Blindverbrauchstarif

Für den Blindverbrauchstarif ergibt sich aus einer Umformung der Gl. (9) bei der Abnehmerkompensation vom Lieferwerk aus betrachtet der folgende Wert für φ_0:

$$\operatorname{tg}\varphi_0 = \frac{50\, R\, P_1\,(1 + \operatorname{tg}^2\varphi_N)}{P_2\, N_V} \tag{14}$$

Wird der Strompreis P_1 für den Abnehmer zu 5 Rpf/kWh und der Selbstkostenpreis P_2 für die eingesparte Verlust-kWh zu 2 Rpf/kWh angenommen, so ergibt sich im Beispiel:

$$\operatorname{tg}\varphi_0 = \frac{50 \cdot 0{,}06 \,.\, 0{,}05 \cdot 2}{0{,}02 \cdot 10} = 1{,}5$$

$$\cos\varphi_0 = 0{,}55 .$$

Bei der vielfach üblichen Blindstromrückvergütung von 6 % und einem Strompreis von 5 Rpf/kWh liegt also die wirtschaftliche Seite der Abnehmerkompensation für das Lieferwerk oft ungünstig.

b. Scheinleistungstarif

Ebenso läßt sich auch für den Scheinleistungstarif nachweisen, daß bei den praktisch vorliegenden Fällen eine Wirtschaftlichkeit der Abnehmerkompensation für den Stromverteiler nur selten erreicht wird. Aus der Ableitung für Gl. (12) geht hervor, daß für jedes beim Abnehmer zugeschaltete BkVA dem Lieferwerk infolge des ausgefallenen Leistungszuschlages ein Kostenausfall vom Betrage $G \sin\varphi$ entsteht. Das Abnehmer-BkVA kostet also dem Kraftwerk $G \sin\varphi$ (RM). Als Gewinn hat das Lieferwerk entsprechend Gl. (3) die eingesparten Cu-Verluste durch verminderten Blindstromtransport zu verzeichnen vom Betrage:

$$\frac{N_V \operatorname{tg}\varphi}{50 \cdot (1 + \operatorname{tg}^2\varphi_N)} .$$

Werden beide Beträge gleichgesetzt, so ergibt sich vom Standpunkt des Lieferanten als Wirtschaftlichkeitsgrenze für den Scheinleistungstarif der folgende Wert für φ_0:

$$\cos\varphi_0 = \frac{N_V\, P_2\, h}{50\,(1 + \operatorname{tg}^2\varphi_N)\, G} . \tag{15}$$

Im Beispiel:

$$\cos\varphi_0 = \frac{10 \cdot 0{,}02 \cdot 2000}{50 \cdot 2 \cdot 12} = 0{,}333 ;$$

1 BkVA beim Abnehmer kostet hierbei das Lieferwerk $G \sin\varphi_0 = 12 \cdot 0{,}94 = 11{,}24$ RM/Jahr, ist also rd. 4,5mal so teuer wie die Kompensation auf der Lieferseite, bei der das BkVA nur rd. 2,50 RM Jahreskosten verursacht.

Auch beim Scheinleistungstarif bedeutet also die Abnehmerkompensation für das Elektrizitätsversorgungsunternehmen bei der heute üblichen $\cos\varphi$-Klausel in vielen Fällen einen Verlust. Oft wird allerdings auch dann, wenn die Kondensatorenkosten nicht mehr durch die Verlustersparnis gedeckt sind, ein Anreiz zur Kompensation für das Elektrizitätsversorgungsunternehmen bestehen, nämlich dann, wenn der entsprechend der Gl. (5) für Mehrlieferung freigemachte Netzquerschnitt entsprechende Netzerweiterungen einspart.

Schließlich ist auch noch die volkswirtschaftliche Seite der Blindstromkompensation zu beachten. Die Verlusteinsparung durch Kondensatoren wird um so größer, je näher der Kondensator beim Abnehmer eingebaut ist. Die in den Blindstromtarifen der Elektrizitätsversorgungsunternehmen zum Ausdruck gebrachten Bestrebungen zu einer möglichst umfassenden Blindstromkompensation auch auf der Abnehmerseite entsprechen also in vollkommenster Weise den volkswirtschaftlichen Bedürfnissen.

Zusammenfassung

Die Kosten für den Einbau von Phasenschieberkondensatoren auf der Stromerzeugerseite können bis zu einer bestimmten Höhe durch die eingesparten Verluste ausgeglichen werden; die wirtschaftliche Grenze liegt im Betrieb meist zwischen $\cos\varphi = 0{,}8$ bis 0,9. Der Einbau von Kondensatoren auf der Abnehmerseite ist bei den üblichen Stromlieferungsverträgen mit $\cos\varphi$-Klausel in den meisten Fällen bis zur vollen Kompensation mit $\cos\varphi = 1$ für den Abnehmer lohnend. Für das Kraftwerk ist die Eigenkompensation der Abnehmer nur so weit lohnend, als die dem Abnehmer gewährte Rückvergütung bzw. Leistungspreisermäßigung von den auf der Erzeugerseite gesparten Verlusten gedeckt wird. Diese Grenze liegt bei den üblichen Tarifen erheblich tiefer als die Grenze der Blindstromkompensation auf der Kraftwerkseite. Ein gewisser Ausgleich ist durch den infolge der Kompensation freigemachten Netzquerschnitt gegeben.

Aus dem Schrifttum

[1] F. Bauer, Der Kondensator in der Starkstromtechnik, S. 129. Julius Springer, Berlin 1934.
[2] K. Baudisch u. W. Rambold, Siemens-Z. 17 (1937) S. 471.
[3] E. v. Halácsy, ETZ 61 (1940) S. 53.
[4] H. Schulze, Elektrotechn. u. Masch.-Bau 57 (1939) S. 406.
[5] H. Zwilling, Elektrotechn. u. Masch.-Bau 57 (1939) S. 17.
[6] A. A. Bölsterli, Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 27 (1936) S. 653.
[7] P. Altbürger, ETZ 58 (1937) S. 1121.
[8] B. Stauch, ETZ 57 (1936) S. 207.
[9] G. Schleicher, Werkstattstechnik 28 (1934) S. 1.
[10] R. Schneider, Elektrische Energiewirtschaft, S. 352. Julius Springer, Berlin 1936.
[11] E. Unger, ETZ 54 (1933) S. 672.
[12] St. Schwarz, Elektrotechn. u. Masch.-Bau 50 (1932) S. 151.

DK 621.36 : 620.91

Winterheizung mit Sommerenergie. [Nach P. Seehaus, Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 31 (1940) S. 317; 15 S., 6 B.]

Die in der Schweiz immer drohender werdende Kohlennot und die hohen Brennstoffpreise können nach Seehaus zum Teil dadurch beseitigt werden, daß die überschüssige Sommerenergie von Laufzeitwerken in thermischen Sammlern von sehr großen Ausmaßen gespeichert wird. Die unmittelbare elektrische Raumbeheizung scheitert an der Verschiebung zwischen Energieproduktion und -verbrauch, obwohl bei stärkerem Heranziehen der Wasserkräfte genügend Energiemengen zur Verfügung stehen könnten.

Im ersten Teil der Ausführungen wird der Nachweis geführt, daß der Wirkungsgrad eines Heißwasserspeichers in die Größenordnung fällt, die bei Speicherung mechanischer Energie in Staubecken erreicht wird, wenn das Volumen des Heißwasserspeichers die Größe von rd. 3000 m³ Nutzinhalt erhält, auch wenn dann eine Entladeperiode sich über 8000 h erstreckt. Der Berechnung ist die bei Heißwasserspeichern übliche Isolationsmenge von 24,6% des Speicherinhalts an Korkschrot zugrunde gelegt. Es wird angenommen, daß man bei Großspeichern auch mit einer geringeren Menge Isolationsmaterial einen annehmbaren Wirkungsgrad erreichen wird. Das Ergebnis der Rechnung bei Anwendung kugelförmiger Speicher zeigt Bild 1.

Im zweiten Teil des sehr ausführlichen Artikels befaßt sich Seehaus mit der praktischen Ausführungsform eines derartigen Speichers. Dieser hat die Größe eines normalen Miethauses und reicht für die Versorgung von 26 Wohnungen aus. Es soll ein Temperaturgefälle von 70° C zwischen den Endtemperaturen von 95° und 25° verarbeitet werden. Die Durchrechnung der Kosten ergibt, daß 1000 kcal eines Brennstoffheizwerkes für 26 Wohnungen 1,72 Rpf.[1]) betragen gegenüber 1,91 Rpf.[2]) eines Speichers. Es hat allerdings den Anschein, als wenn diese

[1]) 2,07 Rappen.
[2]) 3,30 Rappen.



Rechnung etwas einseitig zugunsten des Speicher-Heizwerkes aufgemacht ist.

Weiterhin schlägt Seehaus eine Speichertype vor, bei der die Einleitung der thermischen Energie einfach in den Erdboden erfolgt. Die Furcht, daß die in den Erdboden geleitete Wärme verläuft, ist unberechtigt. Ein Ablaufen wird durch die relativ hohe Wärmekapazität des Materials und durch die

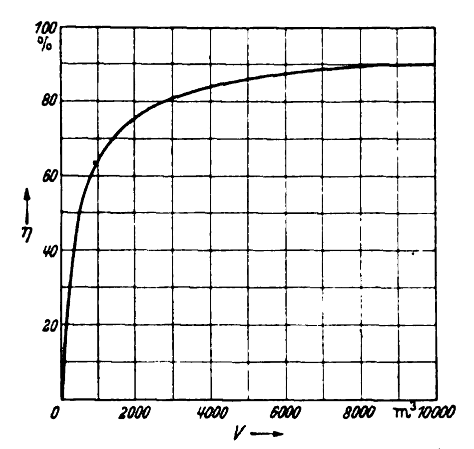
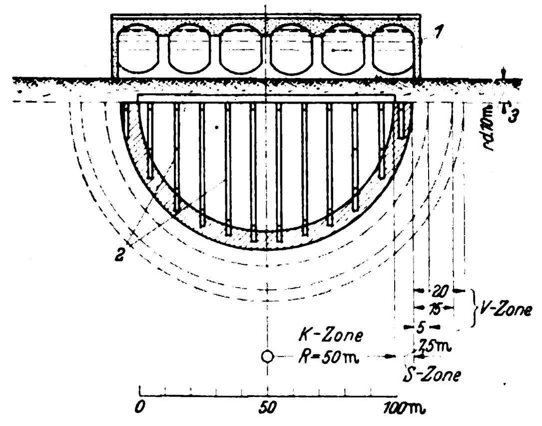


Bild 1. Wirkungsgrad in Abhängigkeit vom Speicherinhalt nach 8000 h Abkühlungszeit.

geringe Geschwindigkeit des Wärmeflusses gehemmt. Alle Voraussetzungen gelten natürlich nur wieder für eine entsprechende Größe des Speichers, der in der vorgeschlagenen Ausführung eine halbkugelige Form mit einem Radius von 50 m besitzt und sich rd. 10 m unter der Erdoberfläche befindet. Durch mit Wasser gefüllte elektrisch beheizte Senkröhren wird eine halbkugelförmige Verteilung der Wärme im Erdboden erreicht, wie Bild 2 zeigt:



1 Überbauung mit Wasserspeichern
2 Senkröhren mit Heiz- und Zirkulationseinrichtungen
3 Deckschicht von rd. 10 m

V-Zone: 2. Betriebsperiode, Tiefe 20 m
1. Betriebsperiode, Tiefe 15 m
Anheizperiode, Tiefe 5 m
S-Zone: Tiefe 7,5 m
K-Zone: $R = 50$ m

Bild 2. Grundsätzliche Ausführung eines Erdspeichers.

Es wird dann eine weitgehende theoretische Erklärung der im Speicher auftretenden thermischen Vorgänge gegeben. Für die Untersuchung ist die Aufteilung in drei Zonen erfolgt. Die erste ist die Kernzone. Sie ist der eigentliche Träger der thermischen Energie. Die zweite Zone wird als Schwingungszone bezeichnet; in ihr spielen sich die Ausgleichvorgänge zwischen der Kern- und Außentemperatur ab. Theoretisch erstrecken sich die Temperaturschwingungen bis ins Unendliche; praktisch jedoch sind die Amplituden in einer bestimmten Tiefe, die vom Material abhängig ist, nur noch gering. Nach außen schließt sich die Verlustzone an. Die Wärmeentnahme erfolgt durch Umpumpen des Wassers in den Senkröhren.

Die praktische Lösung sieht der Verfasser in einer Kombination der beiden beschriebenen Arten. Über einem Erdspeicher werden mehrere der zuerst beschriebenen Wasserspeicher gebaut.

Der Vorschlag enthält auf den ersten Blick sehr viel Bestechendes, doch dürfte die Anwendung sehr eingeengt sein. Vor allen Dingen müssen die allgemeinen und wirtschaftlichen Bedingungen für das Bedürfnis einer zentralen Heizung vorliegen. Dann muß der Erdboden für die Speicherung geeignet sein, darf vor allen Dingen keine Grundwasserströmungen führen, und es muß Überschußenergie während einer längeren Zeitdauer anfallen. Aus letzterem Grunde wird diese Speicherung wohl auf die Verbindung mit Wasserkraftwerken beschränkt bleiben müssen. *Wte.*

DK 621.311.22.004.15 (73/79

Kostenentwicklung bei amerikanischen Dampfkraftwerken. [Nach A. E. Knowlton, Electr. Wld., N. Y. 112 (1939) S. 1585; 16 S., 16 B.]

Der Verfasser gibt eine statistisch geordnete Übersicht aus dem Jahre 1938 über die Hauptanlagenwerte, Kraftwerkseinrichtungen, Anlage- und Betriebskosten, das Zubehör, die Eigenkosten je kWh sowie die erreichten technischen und wirtschaftlichen Wirkungsgrade von 56 verschiedenen amerikanischen Dampfkraftwerken, die die verschiedenen Leistungsbereiche, Arbeitsbedingungen und Feuerungsanlagen besitzen. Die elektrizitätswirtschaftlichen Folgerungen aus diesen Ergebnissen lassen Hinweise für kommende Entwürfe und die Entwicklung im Dampfkraftwerkbau zu. Für Großstädte sind Großanlagen wegen der vorherrschenden Grundstückskosten vorteilhaft; im übrigen ist der Einfluß der Anlagekosten auf die abgegebene Energie so erheblich, daß nach niedrigsten Anlagekosten der Werke bei möglichst hoher Brennstoffausnutzung und geringen Wartungskosten gestrebt wird. Vielfach haben niedrigere Anlagekosten auch niedrigere Strompreise zur Folge gehabt. Bei einer vergleichenden Betrachtung der Werke mit gleich angenommener Ausnutzung zeigt sich, daß die teureren Anlagen auch einen höheren Strompreis erforderlich machten, da die Betriebskosten nur geringe Unterschiede ausmachten. Außerdem ergibt die Erfahrung, daß die Anlagen mit kleineren Strompreisen allgemein höher ausgenutzt werden, was weitere wirtschaftliche Vorteile für sie ergibt. Bei den betrachteten Werken liegt der Werksfaktor (plant factor) im allgemeinen über 40%, der Benutzungsfaktor (utilization factor) über 80%.

Vom Standpunkt des Brennstoffverbrauches scheint für gewöhnliche Dampfkraftwerke ein Werksfaktor von 80% am günstigsten zu sein; indessen wirken sich die Anlagekosten bei der Ermittlung der Erzeugungskosten je kWh so erheblich aus, daß die festen Kosten die Betriebskosten bei allen Werksfaktoren anteilmäßig überschreiten. Die niedrigsten Stromerzeugungskosten erreichten mittelgroße Anlagen mit 60000 bis 75000 kW Anschlußwert, da bei den städtischen Großanlagen die Brennstoffkosten im allgemeinen erhöht sind. Bei Kleinanlagen wird der Lohneinfluß beträchtlich. Der erhebliche Einfluß der Brennstoffkosten läßt eine weitere Verbesserung der Energieumsetzung von Kohle in Strom ratsam erscheinen. Anlagen mit Kesseldrücken von 90 bis 110 kg/cm² haben einen um 5 bis 6% besseren thermischen Wirkungsgrad als solche mit Drücken von 45 bis 70 at; diese sind aber gegenüber Anlagen mit 30 at im Vorteil. Gegendruck- und Kondensationsanlagen erscheinen in der Auswertung nebeneinander; aber Hochdruck- und Hochtemperaturanlagen haben sich auch wirtschaftlich durchgesetzt. Die Brennstoffspeicherung der betrachteten Werke ist sehr unterschiedlich; als Mittelwert ergibt sich für feste Brennstoffe 0,63 t/kW Nennleistung in den Bunkern.

Hinsichtlich der Feuerungen besitzen 54 von den 56 betrachteten Dampfkraftwerken wassergekühlte Feuerräume, alle bis auf ein Werk haben Speisewasserpumpen mit Doppelantrieben, alle bis auf 4 haben Anzapfturbinen. In 47 Werken wird die Verbrennungsluft vorgewärmt. 32 Anlagen haben Staubkohlen-, 20 Werke Stokerfeuerung. Etwa drei Fünftel der Anlagen besitzt Speisewasservorwärmer und selbsttätige Verbrennungsregelung, insbesondere die größeren Werke.

Abschließend wird ein gruppenweiser Vergleich der betrachteten Werke gegeben, wobei zur besseren Auswertung grundsätzlich gleiche Ausnutzung der Anlagen zugrunde gelegt wird. Danach steigen mit Anwachsen der Anlage die Betriebskosten leicht an, während die festen Kosten leicht abfallen, jedoch ist die Streuung der Werte erheblich. Die Instandhaltungskosten fallen bei erhöhten Werksfaktoren bis zu 65% erheblich, danach langsamer, so daß also die Kosten der Instandhaltung bei erhöhter Ausnutzung der Anlage weniger ins Gewicht fallen. *E. T.*

VERSCHIEDENES

BEKANNTMACHUNGEN

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker
(Eingetragener Verein)

Fernsprecher: 30 06 31 — Postscheckkonto: Berlin 213 12
Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00
Postscheckkonto der ETZ-Verlag G. m. b. H.: Berlin 223 84

Drähte und Kabel

Der Ausschuß für Drähte und Kabel hat Entwürfe zu Änderungen an

VDE 0260 „Vorschriften für Papierbleikabel mit Aluminiumleitern in Starkstromanlagen",

VDE 0260 U „Umstell-Vorschriften für Papierbleikabel mit Aluminiumleitern bis 6 kV",

VDE 0270 U „Umstell-Vorschriften für Starkstrom-Innenraumkabel ohne Bleimantel bis 1 kV"

aufgestellt, die in ETZ 62 (1941) H. 19, S. 443 veröffentlicht sind.

Begründete Einsprüche sind der Geschäftstelle bis zum 31. Mai 1941 einzureichen.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
Der Geschäftsführer
Viefhaus

Elektrische Maschinen

Die Normengruppe „Maschinen" der Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie hat Entwürfe zu den Normblättern

DIN 42943 „Wellenenden, Riemenscheiben, Befestigungsflansche: Zuordnung zu den Leistungen"

DIN 42944 „Kegelige Wellenenden für Zahnräder und Kupplungen"

aufgestellt, die in den DIN-Mitteilungen Bd. 24 (1941) H. 4, S. N 40/42 veröffentlicht sind. Hierzu bemerkt der Vorsitzende der Normengruppe, Herr Obering. W. Peineke, folgendes:

Zu DIN 42943

Gegen das im April 1939 erschienene Normblatt DIN VDE 2942 waren Einwände, besonders vom Werkzeugmaschinenbau, gegen die weitgehende Unterteilung der Flanschen in einem gewissen Bereich erhoben worden. Es sollte angestrebt werden, in einem größeren Leistungsbereich mit einer Flanschgröße auszukommen, um einen leichteren Austausch zu ermöglichen. Bei der Neubearbeitung wurden gegenüber DIN VDE 2942 folgende Änderungen durchgeführt:

1. Das neue Blatt erhält die Nummer DIN 42943 und soll DIN VDE 2942 ersetzen.
2. Zur besseren Verständigung wurde eine Spalte 1 mit den Größen-Nummern hinzugefügt.
3. Bei den Paßfedern und Nuten wurden Abmaße hinzugefügt, jedoch ist hier wahrscheinlich noch eine Änderung zu erwarten, weil der Werkzeugmaschinenbau Keilstahl mit Plustoleranz allgemein anstrebt, während in der Tafel Keilstahl mit Minustoleranz vorgesehen ist.
4. Die Flansche wurden bei den Größen Nr. 8 bis 13 geändert, so daß jetzt von Größen Nr. 10 bis 15 nur eine Flanschgröße benutzt wird.

Im übrigen wurde der Inhalt des Normblattes DIN VDE 2942 übernommen.

Zu DIN 42944

Um eine Vereinheitlichung der im Elektromaschinenbau vorkommenden Wellenenden zu erreichen, wurden bestimmte Größen aus DIN 749 ausgewählt. Für den Konstrukteur und Verbraucher sind die für die Befestigung der Maschinenteile erforderlichen Muttern, Scheiben und Sicherungen in einer besonderen Übersicht zusammengestellt worden.

Außerdem soll durch dieses Normblatt die Vereinheitlichung der häufiger gewünschten Gewindezapfen bei zylindrischen Wellenenden erreicht werden.

Änderungsvorschläge zu den beiden Normblattentwürfen sind bis zum 15. Juni 1941 in doppelter Ausfertigung an die Geschäftsstelle des Deutschen Normenausschusses, Berlin NW 7, Dorotheenstr. 40, zu richten.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
Der Geschäftsführer
Viefhaus

Bezirk Berlin

vormals Elektrotechnischer Verein
(Gegründet 1879)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 I, VDE-Haus
Fernsprecher: 30 06 31

Arbeitsgemeinschaften (Technischer Nachwuchs)

Die Teilnahme ist frei. VDE-Mitgliedschaft ist nicht Bedingung.

Kabel und Leitungen. Leiter: Obering. Dipl.-Ing. O. Gasser VDE.
12. Mai 1941, 18^{00}, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. „Leitermetalle". Vortragender: Oberingenieur Dipl.-Ing. W. Deisinger.

Elektrische Bahnen. Leiter: Reg.-Baurat Dr.-Ing. habil. H. Kother VDE.
13. Mai 1941, 18^{00}, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. Vortragsreihe: Ortsfeste Anlagen des elektrischen Zugbetriebes. 3. Teil: Berechnungsabende. 2. Fernbahnen. Vortragender: Reg.-Baurat Dr.-Ing. habil. H. Kother VDE.

Elektrophysik. Leiter: Dr.-Ing. F. Hauffe VDE.
15. Mai 1941, 18^{00}, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. Vortragsreihe: Physik und Technik des Tonfilms. „Das Tonfilmatelier". In Zusammenarbeit mit der Deutschen Kinotechnischen Gesellschaft. Vortragender: Tonmeister H. Guttinger.

VDE Bezirk Berlin
vormals Elektrotechnischer Verein
Der Geschäftsführer
Burghoff

Sitzungskalender

VDE Bezirk Niedersachsen, Hannover (gemeinsam mit verschiedenen anderen Verbänden). 16. 5. (Fr), 9^{00}, Ärztehaus, Hildesheimer Str. 23: Sondertagung für Schweißtechnik: „Werkstoffe und Zusatzstoffe der Schweißtechnik". 5 Vorträge mit anschließender Aussprache.

VDE Bezirk Nordsachsen, Leipzig. 14. 5. (Mi), 19^{15}, Grassimuseum: „Elektrisch beheizte Industrieöfen. Derzeitiger Entwicklungsstand und Verwendung für Härten und Anlassen". Dipl.-Ing. Schmidt VDE.

VDE Bezirk Ruhr-Lippe, Dortmund. 21. 5. (Mi), 18^{00}, Staatl. Ingenieurschule, Sonnenstr. 98: „Die Frequenzumsetzung und ihre Bedeutung für die Nachrichtentechnik". Prof. Dr.-Ing. G. Siemens VDE.

Deutscher Verband für die Materialprüfungen der Technik, Berlin, und Gesellschaft zur Förderung Zerstörungsfreier Prüfverfahren E. V. 16. u. 17. 5. (Fr u. Sa): Röntgentagung in Prag mit zahlreichen Vorträgen und Aussprachen. Näheres durch die Geschäftsstelle: Berlin NW 7, Dorotheenstr. 40.

PERSÖNLICHES

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten)

E. Grünwald. — Herr Obering. Eduard Grünwald VDE vollendet am 8. Mai 1941 sein 60. Lebensjahr. In seiner Vaterstadt Hamburg erhielt er nach vierjähriger handwerklicher Lehre seine elektrotechnische Ausbildung am Staatlichen Technikum. Nach der Abschlußprüfung war er von 1903 bis 1911 bei den Firmen Berliner Maschinen-Bau-A.G. vor-



mals Schwartzkopff, Felten & Guilleaume, Lahmeyer und Klöckner als Konstrukteur und Berechner elektrischer Anlaß- und Schaltgeräte, Aufzugsteuerungen, Bremslüfter usw. tätig. Als Leiter der Prüfstelle der Firma Paul Firchow Nachf. entwickelte er die Einrichtungen für Schaltuhren mit automatischer Zeitverstellung zu bestimmten Monatstagen. Anschließend war er bis 1931 bei der AEG als Leiter des Laboratoriums für Installationsmaterial tätig. In diese Zeit fallen seine Arbeiten betr. Zeitstromkurven für träge Sicherungen, über die seiner Zeit jegliche Unterlagen fehlten. Herr Grünwald war Mitglied des Ausschusses für Installationsmaterial. Auf Grund seiner neuartigen Prüfverfahren an fertigem Installationsmaterial wurden nach seinen Vorschlägen eine große Anzahl Prüfvorschriften hinsichtlich mechanischer Festigkeit, Wärme- und Feuchtigkeitssicherheit für die KPI aufgestellt, nach denen erstmalig nicht mehr allein die Eigenschaften des Werkstoffes, sondern auch die des Konstruktionsteiles ermittelt wurden. An dem Aufbau der VDE-Prüfstelle war er durch Entwicklung der Pläne für die Prüfstände maßgebend beteiligt. Herr Grünwald, der jetzt Mitglied im VDE-Ausschuß für Sicherungswesen ist, ist zur Zeit technischer Leiter und Betriebsführer einer Spezialfabrik. A. Molly VDE



E. Grünwald

X. Mayer. — Der Rektor der Ernst-Moritz-Arndt-Universität, Greifswald, ernannte den Generaldirektor Dipl.-Ing. Dr.-Ing. E. h. Xaver Mayer VDE, Stettin, anläßlich seines 60. Geburtstages zum Ehrensenator der Universität Greifswald.

BUCHBESPRECHUNGEN

DK 620.2 : 621.002.2

Werkstoffsparen in Konstruktion und Fertigung. Von H. Wögerbauer. Mit 32 B. u. 69 S. im Format 148×210 mm. VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin 1940. Preis geh. 2 RM, für VDI-Mitgl. 1,80 RM. Partiepreise: ab 10 Stück je 1,90 RM, ab 25 Stück je 1,80 RM, ab 50 Stück je 1,70 RM, ab 100 Stück je 1,60 RM.

Die kleine Schrift ist das erste Heft einer größeren Reihe. Ihr Ziel ist, den in vielen Sondergebieten tätigen Ingenieuren ein Rüstzeug im Kampf um die Unabhängigkeit der Werkstoffe zu geben. Das vorliegende erste Heft behandelt ausführlich und grundsätzlich alle Fragen, die durch den Begriff „Werkstoff-Sparwirtschaft" umfaßt sind. Es wendet sich an die Ingenieure aller Wirtschaftsgruppen: den Vertriebsingenieur, der im In- und Ausland die Kaufabschlüsse tätigt, den Entwicklungsingenieur, der bei der Entwicklung neuer Geräte und neuer Verfahren für den Werkstoffeinsatz verantwortlich ist, den Konstruktionsingenieur als Träger der konstruktiven Entwicklung, den Normeningenieur, der weitgehenden Einfluß auf den Werkstoffverbrauch nimmt, den Werkstoffingenieur, der oftmals den Einsatz bisher nicht verwendeter Werkstoffe auf Grund von Versuchen zu entscheiden hat, den Fertigungsingenieur, der, vertraut mit allen Einzelheiten der Herstellungsverfahren, auf den Werkstoffverbrauch maßgebenden Einfluß hat.

Die Schrift enthält eine große Anzahl von Hinweisen sowie praktische Winke organisatorischer, betriebstechnischer und konstruktiver Art. Es werden Beispiele erörtert, die nicht nur die Erfolge der Werkstoffeinsparung, sondern auch mancherlei Schwierigkeiten zeigen, die bei der Beurteilung selbst kleiner und kleinster konstruktiver Einzelheiten überwunden werden müssen, wenn die Werkstoffe erfolgreich eingespart werden sollen. Eins dieser kleinen Beispiele sei hier erwähnt: Die Fertigung von Lötösen, zu Millionen verwendet und früher aus Messing hergestellt; heute mit Erfolg aus Stahl gefertigt. Eine Anzahl von ausgewählten Beispielen zeigt aus den verschiedensten Fachgebieten erfolgreich durchgeführte Umstellungen.

Die kleine Schrift behandelt Fragen, mit denen sich jeder Ingenieur auseinandersetzen muß. Es sind dies keine kurzlebigen „Tages"-Fragen. Auch nach Beendigung des Krieges werden die notwendigen Sparmaßnahmen nie mehr zu vermeiden sein, denn das Werkstoffsparen ist eine unausbleibliche Folge der technischen Entwicklung.

D. Müller-Hillebrand VDE

EINGÄNGE

(Ausführliche Besprechung vorbehalten)

Bücher

Die physikalischen Grundlagen der Elektrizitätslehre. Von Dr. T. Weyres und Dr. O. Brandt. Mit 277 B. VI u. 144 S. im Format 148×210 mm. Verlag Walter de Gruyter & Co., Berlin 1940. Preis kart. 3,— RM.

[Das vorliegende Buch gibt die physikalischen Gegebenheiten in einer knappen, aber unbedingt eindeutigen und leicht verständlichen Form wieder, die keinerlei Anspruch an vorher erlerntes Wissen stellt. Die Entwicklung und Klarstellung der Begriffe, die leicht verständliche Darstellung der Erscheinungen und Gesetzmäßigkeiten, die Einheitlichkeit in der Darstellungsweise von Bild und Zeichnung wie überhaupt die klare Methode, mit der Stoff und Form bewältigt werden, sind bemerkenswert. Das Buch darf weit über den gestellten Rahmen als militärische und vormilitärische Anfangsausbildung in der Elektrizitätslehre hinaus für eine einheitliche Ausbildungsgrundlage als vorbildlich bezeichnet werden.] *Ops.*

Feinstbearbeitung. Feinstdrehen und Feinstbohren. Im Auftr. des AWF bearb. v. K. Voos. Mit 76 B. u. 90 S. im Format 148×210 mm. Verlag von B. G. Teubner Leipzig u. Berlin 1940. Preis geb. 4,40 RM.

[In Fortführung und als Erneuerung früherer Mitteilungen wird über den derzeitigen Entwicklungsstand der Feinstbearbeitung berichtet. Das 90 Seiten und 76 Bilder enthaltende Bändchen gliedert sich in die Hauptabschnitte über die Bedeutung der Feinstbearbeitung, Feinstdrehen und Feinstbohren und ein nach Fachgruppen geordnetes Schrifttumsverzeichnis. Der Hauptteil über das Feinstdrehen und -bohren geht auf die Besonderheiten von Werkstoff und Vorbereitung am Werkstück sowie auf die allgemeinen Anforderungen und Gesichtspunkte für die Ausbildung von Antrieb, Spindeln, Lagerstellen und schwingungsfreie Aufstellung der dafür benutzten Werkzeugmaschinen ein, wobei abschließend neuere Ausführungsbeispiele für Feinstdrehbänke, Feinstbohrwerke und Lehrenbohrwerke beschrieben werden.] *E. T.*

Sechzig Jahre DMG. Deutsche Maschinentechnische Gesellschaft 1881—1941. Sonderheft von „Glasers Annalen" 65. Jg. (1941) Heft 5. Mit zahlr. B. u. 64 S. Verlag der Firma F. C. Glaser, Berlin. Preis 4,— RM.

[Anläßlich des 60jährigen Bestehens der Deutschen Maschinentechnischen Gesellschaft am 11. 3. d. J. hat das Organ dieser Gesellschaft die „Glasers Annalen" das Heft 5 als Sonderheft herausgegeben. Wertvolle Beiträge aus dem Gebiet der Verkehrstechnik und des Maschinenbaues von führenden Fachleuten werden durch ein Geleitwort des Herrn Reichsverkehrsministers eingeführt.]

Statistik der Elektrizitätswerke Rumäniens 1939. Herausgeber: A. P. D. E. Verband der Erzeuger und Verteiler elektrischer Energie in Rumänien. Mit 124 S. im Format A 4. Bezug durch das Zentralbüro des A.P.D.E., Bukarest III, Calea Victoriei Nr. 95.

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Dr. W. Rentschler, Möhringen-Stuttgart, Walter-Flex-Str. 4
Dr.-Ing. H. Roser VDE, Essen-Fulerum, Stubertal 8
Dr. R. Stachowiak, Kelsterbach/Main, Ringstr. 19

Abschluß des Heftes: 2. Mai 1941

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE (z. Z. im Felde)
G. H. Winkler VDE (z. Z. im Felde)
H. Hasse VDE und R. Henrichs VDE
Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.



Elektrotechnische Zeitschrift
(Zentralblatt für Elektrotechnik)
Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894
Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.
Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

62. Jahrgang | Berlin, 15. Mai 1941 | Heft 20

Die Internationale Elektrotechnische Ausstellung in Frankfurt a. M. 1891

Von Hans Görges VDE, Dresden

DK 621.3 : 061.4

Unter den zahlreichen Ausstellungen in den achtziger und neunziger Jahren des vorigen Jahrhunderts ragt als die für die Elektrotechnik wichtigste die Internationale Elektrotechnische Ausstellung in Frankfurt a. M. im Jahre 1891 hervor. Sie wurde am 16. Mai 1891 eröffnet und fand ihren Höhepunkt in dem Internationalen Elektrotechnikerkongreß, der vom 7. bis 12. September in der Ausstellung tagte. Es sind daher jetzt 50 Jahre seit ihrer Eröffnung vergangen. Die Wirkung dieser Ausstellung und dieses Kongresses auf die weitere Entwicklung der Elektrotechnik war so bedeutend, daß wir bei dieser Gelegenheit einen Rückblick auf sie werfen wollen. Ich folge als einer der noch lebenden Elektrotechniker, die diese Ausstellung, selbst an ihr mitschaffend, erlebt haben, gern der Aufforderung der Wissenschaftlichen Leitung der Elektrotechnischen Zeitschrift, diesen Rückblick zu geben. Ich werde dabei besonders die Starkstromtechnik behandeln, weil diese mein Arbeitsgebiet gewesen ist.

Stand der Elektrotechnik vor der Eröffnung der Ausstellung

Um die Ausstellung würdigen zu können, müssen wir uns den Stand der Elektrotechnik vor ihrer Eröffnung vergegenwärtigen. Leistungsfähige Stromerzeuger und Motoren für Gleichstrom, Bogenlampen und Glühlampen waren vorhanden. Durch die Erfindung des Dreileitersystems war es möglich geworden, die elektrische Energie über einen Bereich von etwa 1000 m Drm. bei 2 × 120 V zu verteilen. Zähler, mit denen man die gelieferte Arbeit messen konnte und ohne die eine rationelle Elektrizitätswirtschaft kaum denkbar ist, waren vorhanden. In Akkumulatoren konnte die Energie gespeichert werden. Von der Kraftübertragung war viel die Rede, ausgeführt war aber nur wenig. Mit den elektrischen Bahnen ging es nur langsam vorwärts. Bleikabel und Freileitungen ermöglichten die Fortleitung des elektrischen Stromes. Das Installationswesen war zwar wenig entwickelt, genügte aber bescheidenen Ansprüchen. So konnte in der zweiten Hälfte der achtziger Jahre eine Anzahl von Gleichstromanlagen für allgemeine Stromlieferung gebaut werden. Daneben entstand eine Reihe von Einzelanlagen für die Beleuchtung von Bahnhöfen, Fabriken und Geschäftshäusern. Von größter Bedeutung war die Erfindung der Transformatoren in der Mitte der achtziger Jahre. Nun konnte man einphasigen Wechselstrom auf weite Entfernungen übertragen und verteilen. Aber ein brauchbarer Wechselstrommotor fehlte. Man stand also vor der Entscheidung, entweder Gleichstromanlagen für Licht und Kraft mit der Möglichkeit der Speicherung, aber nur für einen räumlich sehr beschränkten Bereich, oder Wechselstromanlagen für einen großen Bereich, aber nur für Licht zu bauen. Die großen Kohlenlager und die Wasserkräfte konnten nur in beschränktem Maße ausgenutzt werden, weil sie meistens entfernt von den großen Städten und von den Stätten der Großindustrie lagen. Der elektrischen Beleuchtung aber war durch die Verbesserung der Gasbeleuchtung und durch den Glühstrumpf von Auer von Welsbach die schärfste Konkurrenz erwachsen, der Lichtbedarf war nur während einiger Stunden des Tages groß und gestattete nur eine geringe Ausnutzung der teuren elektrischen Anlagen. Die Speicherung des Wechselstromes war nur mit Umformern möglich, daher teuer und umständlich. Dies alles hatte zur Folge, daß sich die Elektrotechnik Ende der achtziger Jahre in einer geradezu kritischen Lage befand. Da kam die Rettung durch die Erfindung des Mehrphasenstromes, dessen beste Form der Drehstrom ist. Er brachte den lange gesuchten Motor und hatte dabei die Vorteile des Wechselstromes.

Aber noch von anderer Seite kam Hilfe. Ende der siebziger Jahre war das Reichspatentgesetz zustande gekommen, unter dessen Schutz sich die deutsche Industrie kräftig entwickeln konnte. In der ersten Hälfte der achtziger Jahre wurden, durch Werner von Siemens angeregt, an allen deutschen Hochschulen Lehrstühle für Elektrotechnik errichtet, außerdem entstand zu derselben Zeit eine Anzahl vortrefflicher Mittelschulen. So kam es, daß Ende der achtziger Jahre bereits eine Schar gut vorgebildeter Elektrotechniker und elektrotechnisch geschulter Maschinenbauer vorhanden war. Endlich war, wiederum auf Anregung von Werner von Siemens und begründet durch ein namhaftes Kapital, das er zur Verfügung gestellt hatte, die Physikalisch-Technische Reichsanstalt ins Leben gerufen worden, die die Industrie durch einwandfreie Messungen höchster Präzision und die Schaffung wichtiger Meßverfahren und -geräte kräftig unterstützte.

So war die elektrotechnische Atmosphäre mit neuen Ideen, Erfindungen und geistiger Energie geradezu geladen, die sich wie die junge Saat im Frühling ans Licht drängte. Daraus entwickelte sich die Internationale Ausstellung in Frankfurt a. M. im Jahre 1891. Sie sollte einen Überblick über die bisherigen Leistungen geben und eine Klärung der Frage anbahnen, welches Stromsystem für den Bau von Zentralanlagen am besten geeignet wäre.

Die Mitwirkenden bei der Ausstellung

Ehrenpräsidenten waren der Oberbürgermeister von Frankfurt a. M. Dr. Miquel, und nachdem dieser Finanzminister geworden war, der Oberbürgermeister Adikes von Frankfurt a. M.; Ehrenmitglieder waren Marcel Deprez in Sèvres, Edison, Werner von Siemens, der Professor der Physik in London Silvanus Thomson und der Professor der Physik von Waltenhofen in Wien. Vorsitzender des Vorstandes war der Herausgeber der Frankfurter Zeitung Sonnemann, stellvertretender Vorsitzender und technischer Leiter Oskar von Miller, der Schöpfer des Deutschen Museums in München, des Walchensee-Werkes und der Werke an der oberen Isar. Den Ausschüssen gehörten zahlreiche Fachleute verschiedener Berufsrichtungen an, nicht nur aus dem Deutschen Reich, sondern auch aus dem Auslande. Von der Verteilung von Medaillen und Prämien wurde abgesehen, dafür aber eine Prüfungskommission eingesetzt, deren Ehrenpräsidium von Helmholtz, damals Präsident der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt, übernahm und deren Vorsitzender der erste Professor für Elektrotechnik im Deutschen Reich, Kittler-Darmstadt, und der Stadtbaurat von Frankfurt a. M. Lindley und deren stellvertretender Vorsitzender Professor Wilhelm Kohlrausch-Hannover war.

Der Aufbau der Ausstellung

Gerade gegenüber dem einige Jahre zuvor gebauten Hauptbahnhof befand sich ein noch unbebautes Gelände, auf dem sich früher die alten Westbahnhöfe befunden hatten. Unmittelbar am Bahnhof und nicht weit von der Stadt und dem Main gelegen eignete sich das Gelände vorzüglich für die Ausstellung. Es wurde von dem preußischen Ministerium der öffentlichen Arbeiten und der Stadt Frankfurt a. M. nebst einigen darauf stehenden Gebäuden unentgeltlich zur Verfügung gestellt. An der von der Stadt zum Bahnhof führenden Kaiserstraße befand sich linker Hand der Haupteingang, durch den man zwischen der Halle für Eisenbahn- und Signalwesen und der für Telegraphie und Telephonie hindurch gerade zum Mitteleingang der großen Maschinenhalle gelangte. Hinter ihr befand sich das Kesselhaus. Eine Anzahl im Gelände verteilter Hallen war zur Aufnahme je einer der Gruppen, in die die Ausstellungsgegenstände geteilt waren, vorgesehen. Außerdem waren Pavillons für Sonderausstellungen einzelner Firmen vorhanden. Am Fuße eines Hügels mit Grotte und davorliegendem Weiher befand sich ein elektrisch betriebener Wasserfall. Hier war auch der Eingang zu einem 100 m langen Stollen für die elektrische Grubenbahn, die zu dem Bergwerk führte. Ein großes Theater mit 640 Sitzplätzen lag nahe dem Hauptbahnhof und diente zur Vorzeigung einer vollständigen Bühneneinrichtung von Lautenschläger-Hamburg, daneben auch zu regelmäßigen populären Experimentalvorträgen und zu Ballettvorführungen. Auch fanden hier die Sitzungen der zahlreichen während der Ausstellungszeit in Frankfurt abgehaltenen Tagungen statt, insbesondere die Hauptversammlungen des im September tagenden Internationalen Elektrotechnikerkongresses. In einem kleinen Modelltheater von Siemens & Halske fanden in der Regel jede halbe Stunde Vorführungen statt, die die Wirkungsweise besonders des Bühnenregulators zeigen sollten und sich großer Beliebtheit erfreuten, besonders weil zum Schluß der den Bühnenregulator Bedienende die wildesten Beleuchtungseffekte nach eigener Erfindung zum besten gab. Ein Aussichtsturm von 30 m Höhe und ein Fesselballon mit einem Drahtseil von 600 m Länge, das aber nur für Aufstiege von höchstens 300 m Höhe benutzt wurde, gaben Gelegenheit, elektrisch betriebene Winden und Aufzüge vorzuführen. Einige hundert Meter weit vom Hauptausstellungsgelände entfernt lag an einer Mainterrasse die Marineausstellung mit einem Leuchtturm von 40 m Höhe und der Anlegeplatz für die elektrisch betriebenen Boote. Einige Maschinenanlagen befanden sich in dem 3,5 km entfernten Palmengarten.

Die Entwicklung des Elektromotors

Eine große Bedeutung erhielt die Frankfurter Ausstellung besonders durch den anschaulichen Nachweis von der weit vorgeschrittenen Entwicklung des Elektromotors für große und geringe Leistungen, seine Anpassungsfähigkeit an die Anforderungen des Betriebes, seine Betriebsbereitschaft, seine bequeme Ingangsetzung, seine leichte Umsteuerung, seinen sauberen Betrieb ohne Entwicklung von Gasen und Dämpfen, seine bequeme Aufstellung und Wartung und die bequeme und genaue Messung der von den Motoren verbrauchten Leistung. Man kann unterscheiden einerseits zwischen der Übertragung einer einzigen mechanischen Leistung von einem Punkt A nach einem Punkt B, wo sie nach Abzug der Verluste wieder ohne Teilung abgegeben wird, und anderseits der Verteilung einer Leistung in beliebig vielen verschieden großen Teilen auf ein größeres Gebiet, wie es durch die Lampen und die Kleinmotoren geschieht. Die Verwendung des Kleinmotors war es, die Werner von Siemens besonders am Herzen gelegen hatte und von der er sich eine mächtige Unterstützung des Handwerks und des Gewerbebetriebes versprochen hatte. Beide Arten der Kraftübertragung konnten vereinigt sein. Dabei war es von größter Wichtigkeit, daß die Leistung durch Strom- oder Leistungsmesser bequem und genau gemessen werden konnte und die Messung der gelieferten Elektrizitätsmenge in Amperestunden oder der gelieferten Arbeit in Wattstunden eine zuverlässige Grundlage für die Aufstellung der kaufmännischen Rechnung schuf. Der Betriebsingenieur erfuhr nun, welche Leistung hier eine Drehbank, da eine Hobelmaschine, dort eine Bohrmaschine erforderte, was Transmissionswellen und Treibriemen an Leistung verbrauchten, wo der Hebel angesetzt werden mußte, um Ersparnisse zu erzielen. Früher hatte man vollständig im Dunkeln getappt. Bei Neuanlagen war eine vorangehende Kalkulation möglich geworden. Der Elektrotechniker kannte diese Möglichkeiten; nun kam es darauf an, sie dem Fabrikbesitzer, dem Betriebsingenieur. dem Handwerker möglichst eindringlich klar zu machen. Das hat die Frankfurter Ausstellung geleistet, darin lag ihr großes Verdienst.

Man vergleiche mit diesen Vorzügen des Elektromotors die Eigenschaften des damaligen Gasmotors, seinen großen Platzbedarf, den für die Umgebung lästigen Lärm, den stoßenden Betrieb, so daß man an dem gleichzeitigen Aufleuchten aller durch ihn betriebenen Glühlampen seine Umdrehungszahl feststellen konnte, die Konzessionspflicht für seine Aufstellung.

Ein Konkurrent der elektrischen Leistungsversorgung von einer Zentrale aus war Ende der achtziger Jahre in dem Druckluftsystem Popp erstanden, das besonders in Paris in großem Ausmaß angewendet wurde. Professor Riedler von der Technischen Hochschule Berlin hatte im Februar 1889 im Verein zur Beförderung des Gewerbefleißes in Preußen einen Vortrag über diese Anlage gehalten. Die Luft wurde in einer Zentralanlage durch Kompressoren, die von Dampfmaschinen angetrieben wurden, auf 6 at komprimiert und durch Rohrleitungen an die einzelnen Verbrauchstellen geleitet. Hier trieb sie die nach Art von Kolbendampfmaschinen gebauten Motoren an. Die Luft nimmt durch die Verdichtung eine hohe Temperatur an, kühlt sich aber in den langen Leitungen wieder auf die Temperatur des Erdbodens ab und wird in Öfen, die bei jedem Motor aufgestellt werden müssen, wieder so weit erwärmt, daß sich bei ihrer Ausdehnung im Motor kein Eis bilden kann. Das drückt den Wirkungsgrad der Kraftlage herunter. Diese Pariser Anlage ist in den neunziger Jahren auf elektrischen Betrieb umgewandelt worden. In Deutschland sind solche Anlagen, abgesehen von einer Versuchsanlage in Offenbach, trotz großer Werbung zum Glück nicht ausgeführt worden.

Die Drehstromkraftübertragung von Lauffen nach Frankfurt a. M.

Was der Frankfurter Ausstellung ihre Berühmtheit und ihre dauernde Wirkung verlieh, war die elektrische Kraftübertragung von Lauffen am Neckar nach Frankfurt a. M. mittels Drehstrom über eine Entfernung von 170 km. Bereits auf früheren Ausstellungen waren elektrische Kraftübertragungen über große Entfernungen gezeigt worden, so z. B. von Marcel Deprez die Kraftübertragung von Miesbach nach München über eine Strecke von 60 km unter Verwendung eines Telegraphendrahtes mit einer Spannung von 230 V und einem Strom von 0,4 A im Jahre 1882, und die von demselben Elektriker ausgeführte Übertragung einer Leistung von 78 PS von Creil nach Paris über eine Strecke von 56 km mit 6000 V und 7 A durch ein Kupferseil von 20 mm² Querschnitt im Jahre 1885. Im ersten Falle war der Wirkungsgrad 23 %, im zweiten 52 %. In beiden Fällen wurde Gleichstrom verwendet. Das waren aber nur Versuchsanlagen, die für einen Dauerbetrieb nicht geeignet waren. Die Lauffen – Frankfurter Anlage unterschied sich von ihnen durch ihre betriebsmäßige Übertragung einer großen Leistung von 200 PS über eine etwa dreimal so große Entfernung mit hoher Spannung, mit allen Hilfseinrichtungen und Vorkehrungen zur Sicherung eines ungestörten Betriebes und zur Verhütung von Lebensgefahren ausgestattet, unter Benutzung einer ganz neuen Stromart, die, kaum geboren, hier den ersten Nachweis ihrer hohen technischen und wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit erbrachte. Dies war der Drehstrom, der hiermit zum ersten Male vor die große Öffentlichkeit trat, einem großen Teil der Elektrotechnik ein völlig neues Gesicht verlieh und ihm neue große Entwicklungsmöglichkeiten bot.

Die Portland-Zement-Fabrik bei Lauffen am Neckar hatte durch Oskar von Miller ein Kraftwerk erbauen lassen, das die Wasserkraft des Neckars mit einer Fallhöhe von 3,8 m und einer mittleren Wassermenge von 40 000 l/s zur Stromerzeugung für die Stadt Heilbronn ausnutzen sollte. Die eine der fünf von der Turbinenfabrik Geißlingen gebauten Turbinen mit Regulatoren von J. M. Voith-Heidenheim von etwa 350 PS Leistung bei 35 U/min wurde der Ausstellung für den Antrieb eines von der Maschinenfabrik Oerlikon, Schweiz, gebauten Drehstromerzeugers von rd. 200 kW Leistung zur Verfügung gestellt. Von Oerlikon waren in Lauffen und in Frankfurt je ein Transformator, von der Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft je zwei Transformatoren zur Verfügung gestellt worden. Die Fernleitung wurde von den staatlichen Telegraphenverwaltungen von Württemberg, Baden, Hessen und Preußen hergestellt. Der Stromerzeuger war nach dem jetzt veralteten Klauenkupplungstyp mit einer einzigen Erregerspule, deren Achse mit der der Maschinenwelle zusammenfiel, gebaut. Das Feldmagnetsystem war fliegend auf die Welle aufgesetzt und konnte schlittenartig mit der Grundplatte und den auf sie montierten Lagern aus dem Ständer herausgezogen werden. Die Ankerwicklung hatte drei Stäbe von 29 mm Dmr. je Pol und lieferte bei 150 U/min in Sternschaltung einen Strom von 1400 A bei 95 V, was einer scheinbaren Leistung von 230 kVA entspricht. Die Frequenz des Drehstromes war 40 Hz. Der Nullpunkt der Wicklung war geerdet. Die Transformatoren in Lauffen setzten die Spannung auf etwa 14 700 V hinauf. Die Transformatoren waren in Öl gesetzt, die Nullpunkte der Hochspannungswicklung waren gut geerdet.

Die Fernleitung bestand aus drei Kupferdrähten von 4 mm Dmr. und hatte rd. 170 km Länge. Der Abstand der beiden in der Waagerechten liegenden Drähte voneinander betrug 100 cm, der dritte in der Mitte über ihnen angeordnete Draht hatte je 116 cm Abstand von ihnen. Die Leitung war von 8 m hohen Holzmasten getragen und an Ölisolatoren von verschiedener Größe und Gestalt befestigt. Die größeren besaßen drei durch eine äußere Porzellanglocke gegen Niederschläge geschützte Ölrinnen, die kleineren eine durch den nach innen umgeschlagenen Mantel gebildete Ölrinne. Vor Inbetriebnahme der Anlage waren die Isolatoren mit 30 000 V Spannung geprüft worden, was sie anstandslos ertragen hatten. Auf die Ölisolatoren hatte man große Hoffnungen gesetzt, sie erfüllten sich aber nicht, weil sich in den Ölrinnen mit der Zeit unzählige Insekten ansammelten und sie vollkommen verschmutzten. Während des Betriebes der Anlage erfüllten sie aber ihre Aufgabe ohne Störung.

Die Erdung der Nullpunkte der Hochspannungswicklungen in Lauffen und Frankfurt a. M. hatte den Zweck, zu verhindern, daß die Spannungen zwischen einem Leiter und der Erde größer werden könne als die Sternspannung der Hochspannungswicklungen der Transformatoren, also rd. 8500 V, und des weiteren, beim Bruch eines Leiters einen Kurzschluß des Wicklungszweiges, an den der gerissene Leiter angeschlossen war, durch die Erde zu bilden und dadurch die zugehörige Sicherung zum Schmelzen zu bringen. Man erzählt sich, D o b r o w o l s k y habe bei den Abnahmeversuchen während des Betriebes einen Draht durchschneiden lassen und das Ende aufgehoben, um zu zeigen, daß dies ohne Lebensgefahr geschehen könne.

Die in Frankfurt aufgestellten Transformatoren speisten einen von Dobrowolsky angegebenen Drehstrommotor von 100 PS bei 600 U/min. Der Motor war vierpolig und besaß auf dem Ständer und dem Läufer Stabwicklung. Der Strom wurde dem Läufer über drei Schleifringe zugeführt, die Ständerwicklung war an einen Wasseranlasser angeschlossen. Der Motor war direkt mit einer Zentrifugalpumpe gekuppelt, die zum Betriebe eines Wasserfalles von 10 m Höhe diente. Gleichzeitig speiste die Anlage allabendlich 1000 Glühlampen, außerdem waren einige kleine Drehstrommotoren angeschlossen.

Die Anlage wurde nach Schluß der Ausstellung von der Prüfungskommission unter dem Vorsitz von K i t t l e r - Darmstadt und W e b e r - Zürich eingehend untersucht. Weber hat über diese Untersuchungen einen ausführlichen Bericht erstattet, der in dem offiziellen Bericht über die Arbeiten der Prüfungskommission 133 Quartseiten einnimmt. Es ergab sich, daß von der an der Lauffener Turbine abgegebenen Leistung 75 % an den Drehstrommotor in Frankfurt nutzbar abgegeben wurden. An dem Drehstrommotor selbst wurden keine Messungen gemacht. Nach Schluß der Ausstellung wurden noch einige Versuche mit 25 000 V angestellt. Die Transformatoren und die Leitung hielten diese Spannung aus.

Verschiedene Ausstellungsgegenstände

Es würde zu weit führen und nur ermüdend wirken, wenn ich auch nur eine Übersicht über die ausgestellten Gegenstände gäbe. Ich muß mich auf einige allgemeine Angaben und mir besonders aufgefallene Ausstellungsstücke beschränken.

An D a m p f k e s s e l n waren die verschiedenen Systeme zu sehen, Rauchröhren-, Wasserröhren-, Großwasserraum- und kombinierte Kessel bis zu 250 m² Heizfläche und für Überdrucke von 8 bis zu 12,5 at. Ebenso gab es Dampfmaschinen in verschiedenen Ausführungen, stehend und liegend gebaute, langsam laufende und Schnelläufer für Drehzahlen bis zu 450 U/min für direkte Kupplung mit der Dynamomaschine, die namentlich für Schiffszwecke bestimmt waren.

Unverkennbar war das Bestreben, ganze elektrische S t a r k s t r o m a n l a g e n mit allem Zubehör, mit Akkumulatoren bei Gleichstrom und Transformatoren bei Wechselstrom sowie die vielseitige Verwendung des elektrischen Stromes im Betriebe vorzuführen. Jede Fabrik baute noch ihren besonderen eigenen Typ, Siemens & Halske die Innenpol-, Schuckert die Flachringmaschine, Helios für Wechselstrom eine Innenpolmaschine mit um-

laufenden langen, vorn abgeschrägten Polen, wodurch von der Sinusform stark abweichende spitze Spannungskurven entstanden.

Die großen Dynamomaschinen waren durchweg, kleinere für Spezialzwecke, direkt mit ihren Antriebsmaschinen gekuppelt. Noch zwei Jahre später sah man auf der Weltausstellung in Chicago 1000pferdige Dynamomaschinen, die durch Riemen von etwa 1,70 m Breite angetrieben wurden. Große Spannrollen, mit einstellbaren Gegengewichten versehen, bewegten sich an großen Gerüsten geführt auf und nieder, um den Treibriemen die richtige Spannung zu geben. Wie viele Büffel hatten ihr Leben lassen müssen, um einen einzigen solchen Treibriemen herzustellen! Solche Riementriebe sah man in Frankfurt nicht. Unter den Großmaschinen waren besonders bemerkenswert eine stehende Dreizylinder-Dampfmaschine von G. Kuhn in Stuttgart-Berg mit 500 PS bei 80 U/min, gekuppelt mit einer Innenpolmaschine von Siemens & Halske J 136 für 150 V, 500 kW bei 89 U/min, eine stehende Zweizylindermaschine von Kuhn-Stuttgart von 300 PS bei 160 U/min, gekuppelt mit einer Flachringmaschine JL 14 von Schuckert für 230 V, 1000 A und eine liegende Zweizylindermaschine von H. Paucksch-Landsberg a. d. W. von 600 PS bei 125 U/min, gekuppelt mit einer Wechselstrommaschine von Helios, der Lizenzträgerin von Ganz & Co.-Budapest, für 2000 V und 400 kVA. Zur Schaltung und Regelung solcher Maschinen wandte Helios lange Zeit eine besondere Anordnung an, die auch auf der Ausstellung zu sehen war. Für jede Maschine stellte er einen Bock auf, der oben die Meßgeräte trug, darunter vier Hebel besaß, mit denen durch Zugstangen die Schalter und Widerstände bedient wurden. Die Schalter bestanden aus großen Quecksilberunterbrechern. Das Parallelschalten geschah unter Zuhilfenahme eines großen Belastungswiderstandes, mit dessen Hilfe die Geschwindigkeit und Phase eingestellt wurde. Andere Firmen kamen ohne einen Belastungswiderstand aus, indem sie die Geschwindigkeit des Dampfmaschinenregulators während des Betriebes verstellten.

Bemerkenswert war eine Leistungsübertragung von Siemens & Halske mit vier Transformatoren von 2000/20 000 V, die durch ein Hochspannungs-Kabel für 20 000 V von Siemens Brothers London miteinander verbunden waren und die Beleuchtung der Main-Ausstellung bestritten. Nach Schluß der Ausstellung wurde durch Reihenschaltung je zweier dieser Transformatoren eine Spannung von 40 000 V hergestellt, die sie und das Kabel ohne Störung ertrugen.

Die Ausstellung der jungen Firma W. Lahmeyer & Co., Frankfurt a. M., zeichnete sich durch die Anlagen mit Gleichstrom von hoher Spannung aus. Sie zeigte zwei Maschinen für 660 V Gleichspannung, die den Strom nach mehreren Umformerstellen und nach der Marineausstellung zum Betriebe eines größeren Motors lieferten. Ferner hatte Lahmeyer noch eine Hochspannungsanlage mit 2000 V Gleichspannung ausgestellt. Die Stromerzeuger standen in Offenbach a. M., 10 km weit vom Ausstellungsgelände entfernt. Die Einankerumformer besaßen zwei Wicklungen, die zur Verhinderung eines Übertrittes der Hochspannung in die Niederspannungswicklung mit einer sie trennenden geerdeten Sicherheitswicklung versehen waren.

In einer Spezialabteilung zeigte Lahmeyer noch Drehstromumformer und -motoren, System Haselwander, darunter auch dessen erste Drehstrommaschine aus dem Jahre 1887.

Ein Ausstellungsobjekt von größter Bedeutung waren die Drehspulinstrumente der Weston Electric Instrument Co., Newark, V. S. Amerika, die erst durch die Frankfurter Ausstellung weiteren Kreisen in Deutschland bekannt wurden. Das Prinzip war das schon bekannte des Galvanometers von Dreprez und d'Arsonval, das von Carpentier auch als Zeigerinstrument gebaut wurde. Bei den älteren Galvanometern steht die Drahtspule fest, der Stahlmagnet ist drehbar aufgehängt und wird durch den Strom in der Spule abgelenkt. Bei den Drehspulinstrumenten steht der kräftige Stahlmagnet fest, die Spule dreht sich. Die Weston-Instrumente waren für den technischen Gebrauch bestimmt und besaßen direkte Ablesung. Ein Stahlmagnet in Hufeisenform trug zwei sorgfältig ausgebohrte Weicheisenpole, die einen zylindrischen Eisenkern umschlossen, wie ihn auch schon Carpentier gebaut hatte. In dem homogenen magnetischen Felde des engen Zwischenraumes bewegten sich die Längsseiten der auf einen metallischen Rahmen gewickelten leichten Drahtspule. Infolgedessen besaßen die Instrumente eine lineare Skala, vorzügliche Dämpfung und eine 8 bis 15mal so große Empfindlichkeit wie die Weicheiseninstrumente, die damals in Deutschland üblich waren. Man war erstaunt, daß Weston wieder zur Verwendung von Stahlmagneten zurückgekehrt war, die man ihrer Veränderlichkeit wegen vermieden hatte. Aber durch den guten magnetischen Schluß und die Wahl ausgezeichneter Stahlsorten erreichte Weston, daß die Magnete viele Jahre lang ihren Magnetismus unverändert beibehielten und durch äußere magnetische Felder fast gar nicht beeinflußt wurden. Das Verdienst Westons bestand im wesentlichen in der überaus sorgfältigen Ausführung der Instrumente, die ihre Bezeichnung als Präzisionsinstrumente vollauf verdienten. Auch Wechselstrominstrumente von großer Genauigkeit hatte Weston entwickelt. Endlich zeigt die Ausstellung noch das bekannte Normalelement für Spannungseichungen.

Ein anderer hervorragender Ausstellungsgegenstand waren die Scheinwerfer von Schuckert & Co., Nürnberg. Zuerst hatte man für Scheinwerfer Fresnelsche Linsensysteme benutzt. Scheinwerferspiegel verlangen paraboloidische Form, die man aber nicht zu schleifen verstand. Als Ersatz entstanden zuerst der aus zwei Kugelflächen, einer vorderen von starker Krümmung und einer hinteren von geringerer Krümmung bestehende, auf der Rückseite versilberte Glasspiegel von Mangin, dann der aus einem mittleren Kugelspiegel und mehreren äußeren kugelförmig geschliffenen Ringen zusammengesetzten Tschikoleffspiegel. Beide hatten bedeutende Mängel. Da gelang es im Jahre 1887 Schuckert im Verein mit Professor Munker, paraboloidische Glasspiegel herzustellen. Dadurch waren alle früheren Glasspiegel geschlagen, und Schuckert erlangte ein Weltmonopol für Scheinwerfer. Von solchen waren eine Anzahl in der Marine-Ausstellung am Main zu sehen. Der größte besaß eine Öffnung von 1560 mm.

Die Ausstellung bot selbstverständlich auch Gelegenheit, die verschiedenen Systeme elektrischer Straßenbahnen kennenzulernen. Man war sich lange nicht klar darüber, ob man oberirdische oder unterirdische Stromzuführung oder Akkumulatorenbetrieb einführen sollte. Siemens & Halske hatten die in Budapest von ihnen eingeführte unterirdische Stromzuführung ausgestellt. Bekanntlich ist diese Frage, indem ästhetische Bedenken zurückgestellt wurden, zugunsten des oberirdischen Fahrdrahtes und der Rückleitung durch die Laufschienen und die Erde beantwortet worden. In Amerika wurde dabei die Rolle benutzt, um den Strom vom Fahrdraht abzunehmen. Sie wurde auch in Berlin eingeführt. Siemens & Halske hatte eine andere Stromabnahme ausgebildet, den Schleifbügel. Dieser war an zwei Wagen der Bahn von der Ausstellung nach dem Opernplatz zu sehen. Rolle und Bügel kämpften lange um den Vorrang. Beide nutzen den Fahrdraht gleich stark ab, der Bügel gestattet aber besonders in Kurven eine einfachere Aufhängung des Fahrdrahtes und ist der Entgleisungsgefahr nicht ausgesetzt. Bei großen Geschwindigkeiten, z. B. bei Vollbahnen, wird er daher ausschließlich angewendet. Der Akkumulatorenbetrieb ist nur noch in besonderen Fällen im Gange.

Elektrische mit Akkumulatoren betriebene Boote wurden je eins von Siemens & Halske und von



Escher, Wyss & Co., Zürich, in Verbindung mit Oerlikon auf dem Main vorgeführt.

Die Telegraphie und die Telephonie einschließlich der elektrischen Uhren sowie das Eisenbahnsignal- und -sicherungswesen waren sehr reichhaltig vertreten und gewährten insbesondere auch einen geschichtlichen Überblick von den Anfängen bis zu dem damaligen Stande. Das Reichspostamt und die Direktion der Bayerischen Post und Telegraphie sowie Siemens & Halske und neuere Firmen waren hieran sehr stark beteiligt.

Die Elektrochemie, die im Laufe der Jahre zu Riesenanlagen gelangt ist, stand erst im Anfang ihrer Entwicklung. In der Halle für Elektrochemie aber war die Aluminium-Industrie-AG. in Neuhausen in der Schweiz schon hervorragend vertreten durch ihre Aluminiumgegenstände, die für die meisten Besucher der Ausstellung etwas ganz Neues waren. In derselben Halle zeigten C. u. E. Fein, Stuttgart, die überhaupt sehr reichhaltig ausgestellt hatten, mehrere Spezialmaschinen für elektrolytische Arbeiten. Im Betrieb vorgeführt wurde die elektrolytische Gewinnung von Kupfer und Silber direkt aus den Erzen nach dem Verfahren von Siemens & Halske und dem von Hoepfner in Gießen sowie die Ozongewinnung von Siemens & Halske, deren Ausgangspunkt die Ozonröhre von Werner von Siemens aus dem Jahre 1857 ist.

Unter den ausgestellten Gegenständen befanden sich auch die Originalapparate, mit denen Heinrich Hertz im Jahre 1887 seine berühmten Versuche über die Ausbreitung der elektromagnetischen Vorgänge im Raume angestellt hatte. Die neue Zeit der drahtlosen Telegraphie kündigte sich an.

Der Internationale Elektrotechnikerkongreß

Vom 7. bis zum 12. September tagte der Internationale Elektrotechnikerkongreß zu Frankfurt a. M. in den Ausstellungsräumen. Der Staatssekretär des Reichspostamtes von Stephan führte das Ehrenpräsidium, Werner von Siemens hatte das Präsidium übernommen. Zu Beisitzern wurden Preece-London, Hospitalier-Paris, Ferraris-Turin, von Waltenhofen-Wien und W. Kohlrausch-Hannover gewählt. Es fanden drei Hauptversammlungen statt, in denen über den geeignetsten Bildungsgang für Elektrotechniker (W. Kohlrausch), die Einführung einheitlicher Schraubengewinde in die Feinmechanik (Löwenherz), die Stellung und Aufgabe der elektrischen Untersuchungsanstalten (Epstein), Bezeichnungen, Einheiten und Symbole in der Elektrotechnik (Hospitalier), Vorschriften über elektrische Leitungen vom Standpunkt der Feuerversicherungen (Oscar May), die neue Domäne der Wechselströme (Silvanus P. Thomson) und über elektrische Bahnen für den interurbanen Schnellverkehr (Zipernowsky) berichtet wurde, wahrlich alles Gegenstände von großer Bedeutung. Es ist auch heute noch lehrreich, diese Abhandlungen zu lesen. Viele von den darin gegebenen Anregungen haben inzwischen ihre Erfüllung gefunden.

In den Sitzungen der fünf Sektionen wurden viele Einzelfragen behandelt. Eine größere Anzahl von Vorträgen behandelte den Drehstrom. Von Dolivo-Dobrowolsky erläuterte darin das verkettete Dreiphasensystem, von ihm „Drehstrom" genannt. Er brachte hierbei zum ersten Male die Zerlegung des Wechselstromes in zwei um 90° verschobene Komponenten, den „Wirkstrom" und den „Blindstrom", wie wir heute sagen. Zum Schluß brachte er eine Schaltung, um eine Trommel, die man gewöhnlich mit drei Spulen mit drei um je 120° verschobenen Strömen zur Erzeugung eines magnetischen Drehfeldes magnetisiert, mit sechs Spulen mit sechs um je 60° verschobenen Strömen zu magnetisieren, um dadurch ein besseres Drehfeld zu erzielen. Ich selbst hielt zwei Tage später einen Vortrag „über neuere Untersuchungen an Wechselstrommotoren", in dem ich genau dieselbe von mir „Zwölfspulenschaltung" genannte Schaltung brachte. Das Schrifttum hat sie fast stets unter Dobrowolskys Namen gebracht, ein Patent auf sie (DRP 67 271) haben aber Siemens & Halske erhalten. In demselben Vortrag behandelte ich auch den von mir angegebenen Drehstromkommutatormotor. Er war des Kommutators wegen komplizierter als der gewöhnliche Drehstrommotor, zeigte aber sofort zwei bemerkenswerte Eigenschaften, nämlich die bequeme Umsteuerung durch Verdrehen der Bürsten und den Betrieb ohne Phasenverschiebung, die bis dahin bei Wechselstrom als nicht möglich angesehen wurde. Von beiden Arten von Motoren war ein für Versuche bestimmtes Stück in der Abteilung von Siemens & Halske ausgestellt. Die Zwölfspulenschaltung hat keine praktische Bedeutung gewonnen, der Kommutatormotor aber ist nach 20 Jahren zu neuem Leben erwacht und wird in verbesserter Auflage vielfach angewendet.

Die Duplizität der Ereignisse zeigte sich auch noch in einem anderen Falle. Das experimentelle Verfahren zur Trennung der Verluste im Eisen bei der Ummagnetisierung in die Verluste durch Wirbelströme und die durch Hysterese wurde sowohl von Gisbert Kapp als auch von Hummel, einem Ingenieur von Schuckert, vorgetragen.

Die Schließung der Ausstellung und Ausblick

Am 19. Oktober 1891 schloß die Ausstellung ihre Pforten.

Durch die nun einsetzende elektrische Kraftübertragung wurde die Elektrotechnik neu belebt. Werkstätten, Spinnereien und Fabriken, Bahnhöfe und Straßenbahnen, später der Bergbau und die Hüttenwerke machten sich die Vorteile des Elektromotors zunutze und stellten der Elektrotechnik eine Fülle neuer Aufgaben. Große und kleine Städte traten mehr und mehr der Frage der Errichtung eigener städtischer Werke näher. Gleichstrom, Wechselstrom und Drehstrom stritten dabei noch um den Vorrang. Auffallenderweise entschlossen sich mehrere große Städte — Frankfurt a. M., Dresden und Nürnberg — für Einphasenstrom. Drehstrom-Überlandzentralen begannen, unter Ausnutzung von Wasserkräften oder Braunkohle weite Gebiete mit billiger elektrischer Energie zu versorgen.

Es fehlte nur noch eine Pioniererfindung, um die Elektrotechnik zur vollen Entfaltung zu bringen. Sie wurde erst neun Jahre später durch denselben Auer von Welsbach erfunden, der einst durch den Glühstrumpf der Elektrotechnik die größte Konkurrenz geschaffen hatte. Die Osmiumlampe drückte den Arbeitsverbrauch der Glühlampen mit einem Schlage auf den dritten Teil herunter. Aber die Osmiumlampe war zu teuer, es war überhaupt zu wenig Osmium auf der Welt vorhanden, um den Bedarf der Lampenfabriken zu decken. Aber die Wolframlampe brachte die Lösung, die die elektrische Glühlampe zur Lampe des kleinen Mannes machte. Die Dampfturbine und die Turbodynamo gaben die Mittel für die riesenhaft wachsende Erzeugung des elektrischen Stromes an die Hand.

Am Anfang dieser Entwicklung aber stand die Internationale Elektrotechnische Ausstellung in Frankfurt a. M. 1891.

Streiflichter zur Elektrotechnik auf der Wiener Messe

DK 621.3 : 061.4

Einer der Haupt-Richtpunkte der Wiener Messe war die Landwirtschaft, womit der Struktur der europäischen Südoststaaten, die das wichtigste Käuferkontingent stellten, Rechnung getragen wurde. Auch die Elektrotechnik hatte den Sektor Landwirtschaft besonders berücksichtigt. In der Osthalle des Messegeländes am Prater waren die Elektrofirmen vertreten und gaben einen Überblick über ihr Arbeitsgebiet unter besonderer Berücksichtigung der Landwirtschaft. Außer in der Osthalle war die Elektrotechnik noch in den Hallen 4 und 6 (Werkzeugmaschinen, Metall- und Holzbearbeitungsmaschinen und Schweißanlagen) anzutreffen. Von besonderem Interesse waren die in zahlreichen Bauarten ausgestellten Elektrowerkzeuge in Gestalt von Bohr- und Schleifmaschinen, Elektrohämmern und dergleichen.

In verschiedener Ausführung sah man in der Osthalle elektrische Haushaltgeräte, aber ebenso auch z. B. Ladestationen für Akkumulatoren, Lüfteranlagen sowie Elektrowerkzeuge und Schweißanlagen. Auch pumpenlose Eisengleichrichter, deren allgemeine Bedeutung immer mehr wächst, waren ausgestellt. Die Meßtechnik zeigte Geräte für normale Strom- und Spannungsmessung bis zum Elektronenstrahl-Oszillographen und dem Lichtblitz-Stroboskop. Auch Motoren, Regler und Modelle von Großregel- und Fernsteueranlagen waren vertreten. Bei einem Motor waren die Lagerschilde von beiden Seiten so weit über das Blechpaket hinübergezogen, daß diese unmittelbar aneinanderstießen. Ein besonderes Gehäusemittelteil konnte deshalb fortfallen.

Die Wiener Städtischen Elektrizitätswerke hatten ihre Halle 8 wieder in bewährter Weise unter dem Motto „Elektrotechnik in der Landwirtschaft" eingerichtet und auch dabei im allgemeinen Rahmen das große Wohnungsbauprogramm des Führers berücksichtigt. Ausgestellte Elektroherde, Kühlschränke und Warmwasserbereiter, elektrische Hand- und Tischbohrmaschinen, Heizöfen, Schweißumformer ließen erkennen, daß die Elektroproduktion Großdeutschlands bereit ist, den Nachkriegsanforderungen zu genügen. Großen Zuspruch bei den vielen Besuchern ohne Spezialkenntnisse auf dem Gebiet der Elektrotechnik hatte auch das Elektrohaus, in dem, wie schon der Name sagt, die Elektrotechnik als Helferin des Menschen bei seinem Leben und Arbeiten zu Hause praktisch vor Augen geführt wurde.

Zwei weitere Ausstellungsgegenstände sollen hier, da sie technisch und im Hinblick auf aktuelle Probleme im Rahmen des Vierjahresplanes besonders interessant sind, erwähnt werden, nämlich eine Weichenheizungsanlage und die Elektrotankstelle der Wiener Elektrizitätswerke.

Die elektrische Weichenheizung soll das Einfrieren und Zuschneien von Gleisweichen verhindern, ohne dazu besondere Arbeitskräfte zum Reinigen der Weichen von Hand ansetzen zu müssen. Eine Reihe von Bahnhöfen in schnee- und kältereichen Gegenden sind schon ein paar Jahre mit derartigen Weichenheizungen ausgerüstet, die sich gerade auch in den beiden letzten schneereichen Wintern gut bewährt haben.

An jeder Weiche werden etwa 8 bis 10 Heizelemente (Bild 1), die eine Heizleistung von etwa 450 W aufweisen, in jedem zweiten Schwellenfach angebracht (Bild 2). In dem Bild 1 ist zu erkennen, wie die Heizkörper mit verstellbaren Befestigungsklauen unter der Unterkante des Schienenprofils so angebracht werden können, daß die Wärme, die in der Fußplatte des Heizelementes durch eine entsprechende Heizwicklung erzeugt wird, unmittelbar in die Schiene übergeleitet wird. Die Anschlußstelle für das Zuführungskabel ist in geöffnetem Zustand ebenfalls erkennbar. Die Speisung sämtlicher Weichenheizungen geschieht mit 220 V über eine Hauptverteilung. Die

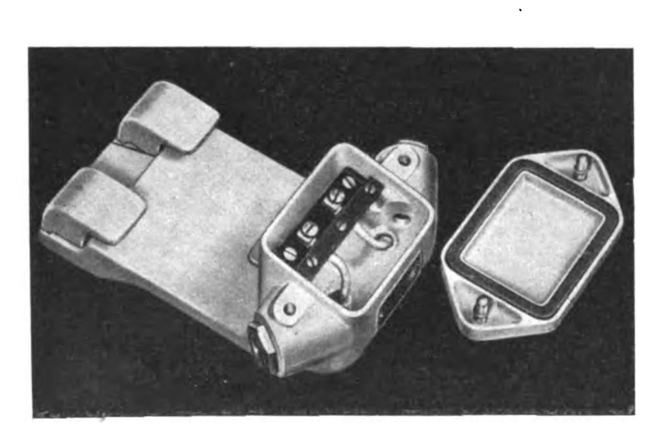


Bild 1. Ansicht eines Heizelementes mit geöffnetem Anschlußkasten.

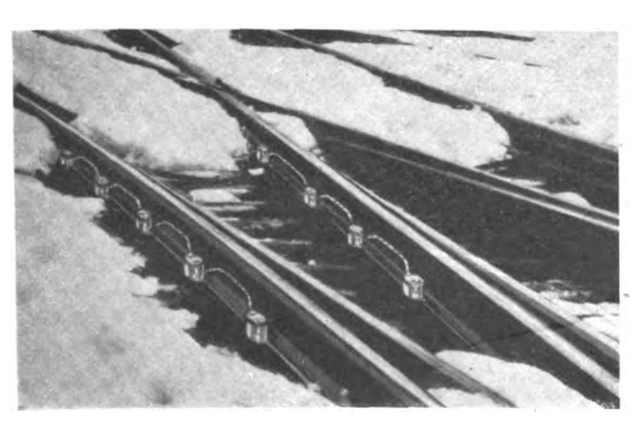


Bild 2. Anbau der Heizelemente an einer Weiche.

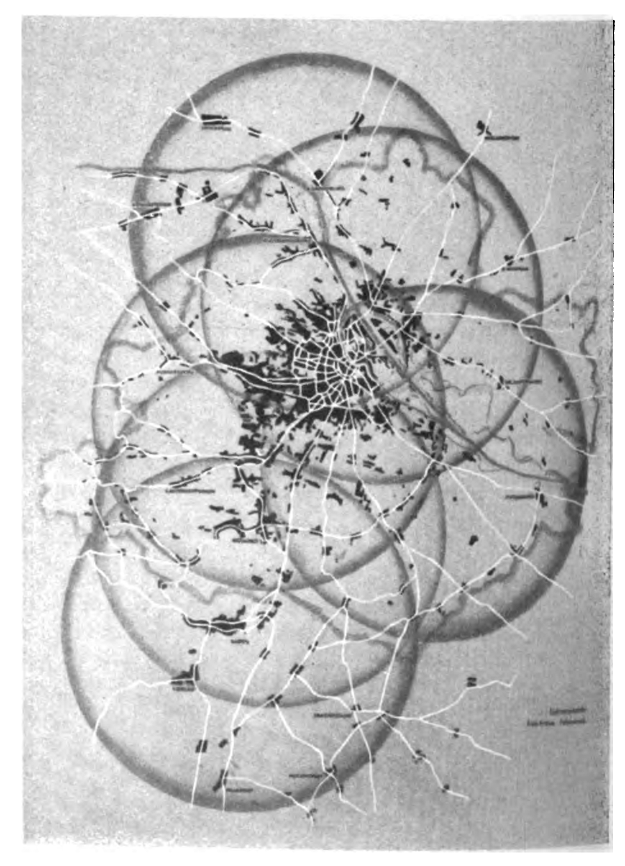


Bild 3. Plan von Wien und Umgebung mit den Aktionsradien der einzelnen Elektro-Tankstellen. Die Mittelpunkte der Kreise kennzeichnen die Lage der Tankstellen.

Energie kann über Transformatoren der elektrischen Fahrleitung entnommen werden. Als vorteilhaft wird in vielen Fällen die Speisung aus dem Landesnetz angesehen, um von Störungen in der Fahrleitung unabhängig zu sein. Die mehrjährigen Erfahrungen haben gezeigt, daß es ausreichend ist, wenn bei Beginn des Schneefalls die Heizung von einer zentralen Stelle aus eingeschaltet wird und entweder dauernd oder in regelmäßigen Intervallen während des Schneefalls in Betrieb bleibt.

Besonders erwähnenswert ist auch die Muster-Elektrotankstelle der Wiener Elektrizitätswerke. In einem besonderen Pavillon waren Modelle und Zeichnungen ausgestellt. Schon früher ist wiederholt erwogen worden[1]), die Benutzung und Anschaffung von Elektrofahrzeugen zu erleichtern, indem die Batterie nicht mit dem Wagen zusammen gekauft wird, sondern von einer zentralen Stelle aus in geladenem Zustand ausgeliehen und nach Verbrauch wieder gegen eine neue ausgetauscht wird. Durch die Initiative der Wiener Elektrizitätswerke soll nun zum erstenmal aus dem Zustand der Planung Wirklichkeit werden, und zwar für das Gebiet Groß-Wien. Batterie- und Elektrofahrzeug-Fachleute haben an dem Projekt maßgebend mitgearbeitet. Im Zustand des vollständigen Ausbaus sind sechs Elektrotankstellen vorgesehen (Bild 3), die in räumlichem Zusammenhang mit Umspannstellen des Elektrizitätswerkes errichtet werden. Ein stufenweiser Ausbau ist beabsichtigt. Jede Tankstelle ist in ihrem ersten Ausbau auf die gleichzeitige Ladung von etwa 80 bis 100 Batterien vorgesehen. Aufgeladen wird grundsätzlich in den Nachtstunden. Auf Grund ausgewerteter Statistiken rechnet man mit einem Durchschnittsbedarf von 1,6 Batterien je Elektrofahrzeug, da nicht jedes Fahrzeug an jedem Tag eine neue Batterie benötigt. Dem Einwand, daß nunmehr statt einer Batterie je Fahrzeug 1,6 im Durchschnitt benötigt werden, und daß dies im Hinblick auf eine geeignete Werkstoffausnutzung unzweckmäßig wäre, wird entgegnet, daß die Batterien jetzt durch die gewährleistete fachmännische Pflege eine größere Lebensdauer aufweisen, und daß der Aufbau einer zentralen Großladestation technisch, wirtschaftlich und werkstoffmäßig gesehen besser ist als die Errichtung vieler kleiner Ladestationen. Die Tankstellen werden so im Groß-Wiener Gebiet verteilt, daß der ihnen zuzuordnende Fahrbereich ein in sich geschlossenes Stadtgebiet umfaßt. Die Fahrbereiche der verschiedenen Tankstellen überschneiden sich dabei. *N. Lb.*

[1]) C. Zahn, ETZ 57 (1936) S. 267.

Der Seignettesalzkristall und seine Anwendung im Fernsprechgebiet

Von L. Sengewitz VDE, Kiel

DK 537.228.1 : 621.395

Übersicht. Der Aufsatz behandelt den piezoelektrischen Effekt von Kristallen und neue Anwendungen von Seignettesalzkristallen in der Fernsprechtechnik.

1. Geschichtliches und Grundlagen

Der klassische Vorläufer der Piezoelektrizität ist die Pyroelektrizität. Im Jahre 1703 machte man in Holland, wohin der Turmalinkristall von Ceylon gekommen war, die Beobachtung, daß er erhitzt beim Wiederabkühlen die Fähigkeit erhielt, kleine Teilchen anzuziehen. Die späteren Untersuchungen zeigten, daß diese Eigenschaft in innigem Zusammenhang mit den Symmetrieverhältnissen der Turmalinkristalle steht.

Als im Jahre 1880 J. und P. Curie[1]) die Erscheinung beschrieben, daß bei manchen Kristallen bei Druck oder Dehnung in gewissen Richtungen auf bestimmten Kristallflächen elektrische Ladungen auftreten, schufen sie damit die Grundlage für das heutige Gebiet der Kristallpiezoelektrizität. Die von ihnen entdeckte reproduzierbare Erscheinung wurde piezoelektrischer Effekt genannt. Bereits bei den ersten Versuchen stellte man fest, daß die frei werdenden Ladungen der Größe der mechanischen Druckänderung bzw. der Dehnung proportional sind. Bei der auftretenden Ladung ändert sich das Vorzeichen, wenn eine Kompression des Kristalls in eine Dilatation übergeht. Bereits Curie konnten den piezoelektrischen Effekt bei folgenden Kristallen feststellen: Turmalin, Zinkblende, Quarz, Natriumchlorit, Weinsäure, Seignettesalz (Rochellesalz), Rohrzucker und Kieselzinkerz. Neuere Untersuchungen von Giebe und Scheibe[2]) stellten den piezoelektrischen Effekt auch bei vielen anderen Kristallen fest, die verschiedenen Kristallklassen angehören. An eine bestimmte Kristallklasse ist also diese Erscheinung nicht gebunden.

Alle bisher als piezoelektrisch erkannten Kristalle besitzen als Merkmal das Vorhandensein einer oder mehrerer polarer Achsen bzw. polarer Richtungen oder das Fehlen eines Symmetriezentrums. Unter einer polaren Achse versteht man in der Kristallographie eine im Kristall gedachte Richtung, bei der vorderes und hinteres Ende nicht gleichwertig, also nicht miteinander vertauschbar sind. Durch eine Drehung um irgendeine zur polaren Achse oder Richtung senkrechte Achse um 180° läßt sich der Kristall nicht mit der Ausgangsstellung zur Deckung bringen. Der anfangs geschilderte direkte piezoelektrische Effekt ist umkehrbar. Den reziproken piezoelektrischen Effekt, den auf Grund thermodynamischer Überlegungen bereits 1881 Lippmann voraussagte, haben kurz darauf Curie am Quarz entdeckt.

[1]) C. R. Acad. Sci., Paris 91 (1880) S. 1137.
[2]) E. Giebe und A. Scheibe, Z. Phys. 33 (1925) S. 760.

2. Das piezoelektrische Verhalten des Seignettesalzes

Das Seignettesalz mit der chemischen Formel $C_4H_4O_6NaK \cdot 4\,H_2O$, dessen Piezoeffekt zuerst von Pockels im Jahre 1894 untersucht wurde, besitzt den bisher größten bekannten piezoelektrischen Modul; dieser nimmt Werte bis zu $30\,000 \cdot 10^{-8}$ elektrostatischen Einheiten an[3]). Der Piezomodul von Quarz erreicht z. B. nur $6 \cdot 10^{-8}$ elektrostatische Einheiten. Seignettesalz gehört zur rhombisch hemiedrischen Kristallklasse; es besitzt zwei zweizählige Symmetrieachsen, die a- und die c-Achse mit dem Achsenverhältnis $a : b : c$ (Bild 1).

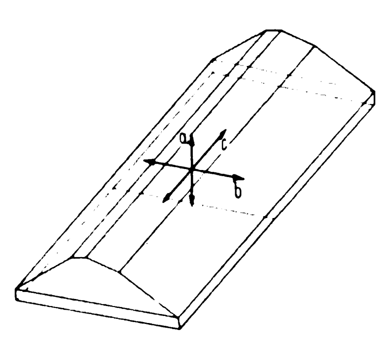


Bild 1. Lage der Symmetrieachsen im Seignettesalzkristall.

Aus den Symmetrieachsen des Seignettesalzes ergibt sich, daß Erregungen nur durch Schubspannungen bzw. Winkeländerungen in den drei Kristallhauptebenen bzw. in den zu diesen Ebenen normalen Richtungen entstehen können.

Das Seignettesalz bildet farblose Kristalle, die einen hohen Gehalt an Kristallwasser haben. Es eignet sich gut zum Züchten von Kristallen beliebiger Größe. Durch entsprechende Maßnahmen kann man das bevorzugte Wachstum in erwünschten Achsrichtungen erzwingen. Dadurch lassen sich verhältnismäßig große Platten, Quader, Würfel, dachförmige Säulen u. a. herstellen. Nimmt man

[3]) Unter piezoelektrischem Modul versteht man die Größe der Elektrizitätsmenge, die auf der Flächeneinheit des Kristalls entsteht, wenn man ihn mit 1 kg/cm² beansprucht.

nun eine bearbeitete Platte und versieht sie beiderseitig mit einer leitenden Schicht, etwa in Form einer Folie, so verhält sich ein derartiges Gebilde wie ein Kondensator. Die Messung der Kapazität ergibt hinsichtlich der Dielektrizitätskonstante hohe Werte bis zu 18 000 bei 15 °C. Als Isolator kann man bei geeigneter Vorbehandlung den Kristall dem Glimmer gleichsetzen. Da Seignettesalzkristalle unhygroskopisch sind, nehmen sie aus der Luft keine Feuchtigkeit auf, auch wenn diese 100 % gesättigt ist. Bei trockener Luft tritt sogar eine Kristallwasserabgabe auf, so daß der Kristall oberflächig verwittert. Diese Verwitterung, die etwa eine Stärke von 0,2 mm erreichen kann, bildet eine Schutzschicht für den Kristall. In der Praxis ist diese Schicht jedoch unerwünscht, da sie die elektrische Empfindlichkeit herabsetzt. Man kann diese Verwitterung durch einen Lacküberzug verhindern.

3. Anwendung des Seignettesalzkristallelementes

Bei der praktischen Anwendung des Seignettesalzkristallelementes werden meist Doppelelemente benutzt. Man kittet zwei Kristallelemente, d. h. zwei in der gewünschten Achsenrichtung gezüchtete oder geschnittene, beiderseits mit einem leitenden Belag versehene Kristallplatten achsengleich aufeinander und schaltet sie so zusammen, daß sich bei zugeführter Spannung das eine Element verkürzt und das andere verlängert. Ähnlich einem Bimetallstreifen findet dann eine Auslenkung des Kristallbiegers statt. Diesem reziproken Effekt steht, wie schon ausgeführt, der direkte piezoelektrische Effekt gegenüber. Man unterscheidet einfache Bieger, Sattelbieger, Dreh- oder Torsionsbieger und Kombinationsbieger, die durch bestimmtes Zusammensetzen mehrerer Bieger entstehen. Die wichtigsten verwendeten Kristallbieger zeigt Bild 2.

Die an sich bekannte Temperaturabhängigkeit des Biegers kann durch entsprechende elektrische Anpassung vermindert werden[4]), so daß Seignettesalzbieger für elektroakustische und Meßzwecke verwendet werden können. Nach Durchbilden der industriellen Züchtung und der Entwicklung entsprechender Bearbeitungsmaschinen[5]) wurde durch Anwenden des Seignettesalzkristalles ein neues elektroakustisches Antriebselement geschaffen, das gegenüber den bisher bekannten Vorteile zeigt. Die hierbei gesammelten Erfahrungen wurden auch auf dem Gebiet der Fernsprechtechnik angewendet.

Bekanntlich geben Kristallbieger eine allein von der Amplitude abhängige Spannung ab; Spannung und Auslenkung der Bieger sind also proportional, d. h. nichtlineare Verzerrungen sind beim Kristallbieger nicht vorhanden. Diese Tatsache macht es möglich, Kristalltelephonkapseln zu bauen, die bezüglich Ansprechempfindlichkeit und Frequenzverhalten normalen magnetischen Telephonkapseln überlegen sind (Bild 3). Vergleichsmessungen der Sprachverständlichkeit beim Postmodell SA 28 zwischen einer Kristalltelephonkapsel und einer magnetischen Kapsel ergeben eine höhere Silbenverständlichkeit der Kristallkapsel.

4) Welle u. Schall (1938) Nr. 94, S. 2.
5) Hier ist besonders die Durchbildung dieser Maschinen durch E. Rixen bei der Hagenuk zu erwähnen.

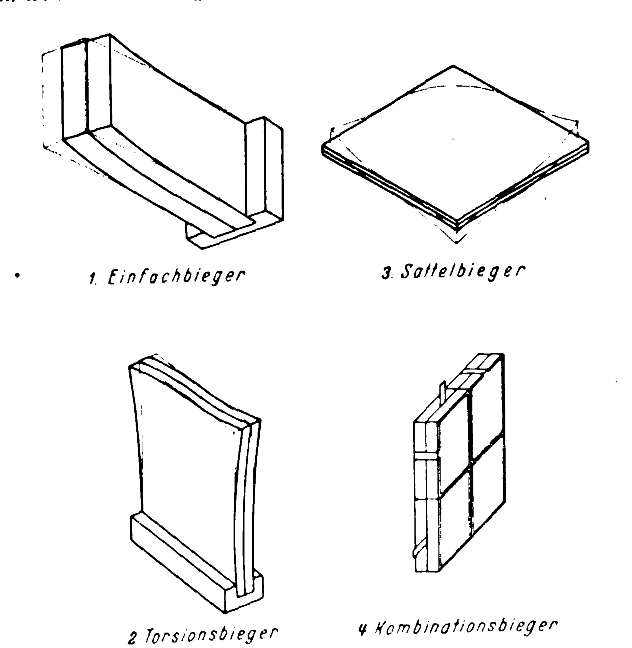
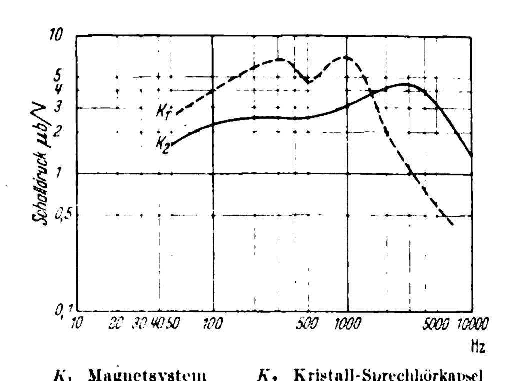


Bild 2. Die vier wichtigsten Kristallelemente.



K_1 Magnetsystem K_2 Kristall-Sprechhörkapsel

Bild 3. Frequenzgang eines Kristall-Sprechhörelementes mit zugehöriger Metallmembran und Frequenzkurve eines vierpoligen Magnetsystems einer batterielosen Fernsprechanlage.

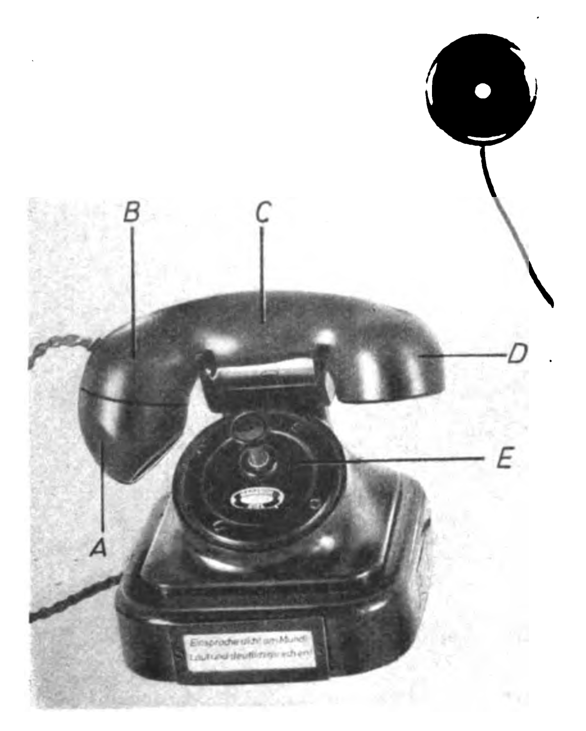
4. Fernsprechanlagen mit Kristalltelephonen

Ein ausgedehnter Wirkungskreis für Kristalltelephone und -mikrophone ist neuerdings das Gebiet des Fernsprechers ohne Stromquelle. Normale Fernsprechanlagen benötigen zu ihrem Betrieb eine Batterie; sie sind deshalb in ihrer einwandfreien Arbeitsweise von dieser Stromquelle abhängig. Es gibt aber Fälle, wo entweder eine Stromquelle nicht vorhanden oder bei ortsveränderlichen Stationen aus Gewichtsgründen das Mitführen einer Batterie nicht möglich ist. Die Forderung nach größtmöglicher Unempfindlichkeit gegen Betriebsstörungen und Unabhängigkeit von einer Speisebatterie beim Überbrücken kleinerer Entfernungen bis zu 6 km veranlaßte die Entwicklung speisungsloser Fernsprechgeräte.

Bereits im Jahre 1876 verwandte der Amerikaner Bell magnetische speisungslose Fernsprechgeräte, die allerdings nur eine Entfernung von 200 bis 300 m überbrückten. Später wurden speisungslose Fernsprechgeräte gebaut, bei denen permanentdynamische oder Vierpolsysteme angewendet wurden. Diese Geräte sind aber schwer; die Ausführung eines mit einem permanentdynamischen System ausgerüsteten Handhörers wiegt etwa 3 kg. Deshalb wurde bei der Entwicklung des nachfolgend näher beschriebenen speisungslosen Fernsprechers ein neuer Weg beschritten, der es u. a. auf Grund seiner Systemanordnung ermöglicht, bis zu sechs Stationen gleichzeitig von einer Stelle aus zu besprechen.

Der neue Handfernsprecher mit Kristallanordnung benutzt ein einziges System, das sowohl als Mikrophon wie auch als Telephon verwendet wird. Eine Ausführung als Tischapparat zeigt Bild 4. Ein Seignettesalz-Sattelbieger in besonderer Anordnung wird, kombiniert mit einer Metall-Konusmembran, mit einer schallharten Tonführung verbunden, die von dem in Nähe des Mundes liegenden Sprechhörsystem zum Ohr des Sprechers führt. Durch Anpassen der Tonführung an das Sprechhörsystem wird eine praktisch verlustlose Sprachwiedergabe am Ohr erzielt. Die Tonführung ist als Griff ausgebildet, der am oberen Teil in eine Hörmuschel ausläuft. Durch diese Anordnung in Verbindung mit einer Kristall-Sprechhörkapsel wurde das bisher nicht erzielbare geringe Gewicht des Handapparates von 250 g möglich. Im Gegensatz zu den bekannten magnetischen Anordnungen, die für den Handapparat je ein Mikrophon- und Telephonsystem benötigen,





A Einsprechöffnung
B Lage des Sprechhörsystems
C Schallführung
D Höröffnung
E Ruftaste

Bild 4. Tischapparat einer speisungslosen Fernsprechanlage.

wird bei diesem neuen Fernsprechgerät mit dem gleichen Energieaufwand, der sonst z. B. für zwei Stationen gebraucht wird, die Zahl von vier Stationen besprochen. Der Anruf zwischen den einzelnen Sprechstellen geschieht in bekannter Weise durch eine Induktorsummeranordnung. Schaltungsmäßig können diese Anlagen je nach dem gewünschten Verwendungszweck als Zwei- oder Dreidrahtverbindungen aufgebaut werden. Die Anpassung der Kristall-Sprechhörkapsel des Handapparates geschieht über einen kleinen Transformator an $Z = 600\,\Omega$. Soll ein Gespräch von einem speisungslosen Fernsprechnetz auf ein gespeistes Netz übernommen werden, so geschieht dies durch Verwenden eines röhrenlosen sogenannten Schnurverstärkers als Anpassungsglied.

Kristalltelephonanlagen sind infolge der Linearität ihrer Systeme ohne weiteres in lärmerfüllten Räumen verwendbar. Zweckmäßig wird hier das Gerät mit einem zweiten Hörer ausgerüstet. Wird im Lärmraum der Mund des Sprechers einem starken Luftdruck wie im Flugzeug ausgesetzt, so verwendet man ein Kristall-Kehlkopfmikrophon.



Bild 5. Elektrisches Sprachrohr.

5. Das elektrische Sprachrohr

Ein zweites Gerät des Fernsprechgebietes mit Seignettesalzkristall ist das elektrische Sprachrohr (Bild 5). Eine durch ihre besondere Bieger-Aufhängung mit großer Lautstärke ausgestaltete Kristall-Sprechhörkapsel in Verbindung mit einem frequenzmäßig angepaßten Sprachrohraufsatz gibt bei normaler Besprechung eine derartige Lautstärke, daß sie etwa der eines normalen Schiffssprachrohres gleichkommt. Wird dieses System in Verbindung mit einer Induktoranrufvorrichtung an die Stelle des bisherigen Sprachrohres in der Schiffahrt gesetzt, so ergibt sich der Vorteil gegenüber dem mechanischen Sprachrohr, daß nur ein einadriges Kabel verlegt zu werden braucht. Die Rückleitung durch den Schiffskörper ist vollkommen unbedenklich, da die Spannungen nur wenige Volt betragen. Dabei findet also nicht wie bisher ein Durchbrechen der Schotten durch Rohranlagen statt. Hierzu tritt der preisliche Vorteil; ein elektrisches Sprachrohr kostet nur etwa den zwanzigsten Teil eines mechanischen Sprachrohres bei Seeschiffen.

Zusammenfassung

Der starke piezoelektrische Effekt des Seignettesalzes erlaubt es, Kristalltelephone zu bauen, die statt der bisherigen magnetischen Telephonsysteme für speisungslose Fernsprechgeräte in batterielosen Fernsprechanlagen auf kurze Entfernungen und als elektrisches Sprachrohr verwendet werden können.

Lokomotivsysteme für hochgespannten Gleichstrom

DK 621.335.2.024.027.3

Die Arbeit[1]) behandelt die Möglichkeiten der Speisung elektrischer Lokomotiven mit Gleichstrom von etwa 10 bis 20 kV, soweit hierfür Stromrichter verwendet werden können. Dabei wird die Erzeugung der Fahrdrahtspannung durch Gleichrichter dem heutigen Stande der Hochspannungs-Stromrichtertechnik entsprechend als gegeben angesehen und die Untersuchung auf die Lokomotivseite, d. h. die Frage der Umwandlung der Gleichstromenergie in Zugförderungsarbeit beschränkt. Es werden die folgenden zur Zeit möglichen Systeme behandelt:

1. der Gleichstromtransformator mit normalen Gleichstromkommutatormotoren,
2. der kondensatorerregte Wechselrichter mit Asynchronmotoren,
3. der maschinenerregte Wechselrichter mit Asynchronmotoren,
4. der Stromrichtermotor mit Zwischenläufer.

Bevor hierauf näher eingegangen wird, werden im ersten Teil der Arbeit die Wirkungsweise und Eigenschaften der Wechselrichter, die den wesentlichsten Bestandteil bei allen vier Systemen bilden, erläutert. Es wird gezeigt, daß es für allgemeine Untersuchungen ausreicht, nur die Grundwelle des Wechselrichterstromes zu berücksichtigen. Durch diese Vereinfachung wird eine unerwartet anschauliche Betrachtungsweise erreicht. Außerdem erlaubt die Grundwellenbetrachtung die Verwendung der üblichen Vektordarstellung und ermöglicht so die Einbeziehung der Stromrichterberechnung in die üblichen

[1]) M. Stöhr. Elektrotechn. u. Masch.-Bau 58 (1940) S. 381 u. 396; 25½ S., 33 B.



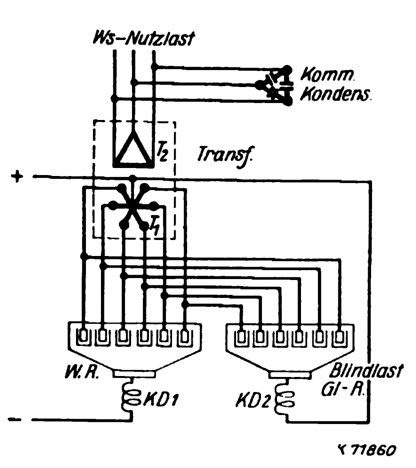


Bild 1. Spannungsregelung durch Zusatzblindlast-Gleichrichter.

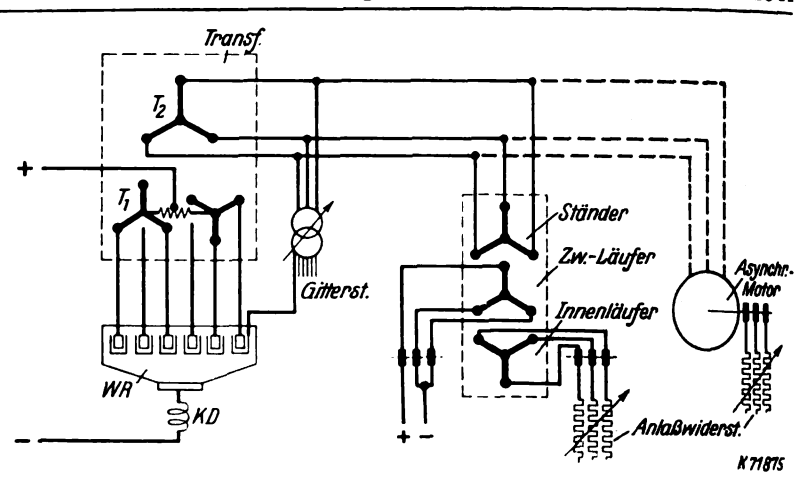


Bild 3. Grundschaltung des Stromrichtermotors mit Zwischenläufer.

Berechnungsverfahren der Wechselstromtechnik. Als besonders vorteilhaft erwies sich die gewählte Betrachtungsweise bei der Untersuchung des Betriebsverhaltens des kondensatorerregten Wechselrichters bei veränderlicher Last. In der normalen Anordnung ist beim kondensatorerregten Wechselrichter ein Betrieb im Leerlauf oder auch nur mit kleiner Last weder bei Fremdsteuerung noch bei der sogenannten Selbststeuerung möglich. Bei der Fremdsteuerung, bei der die Frequenz des erzeugten Wechselstromes durch ein kleines Steueraggregat im Gitterkreis des Wechselrichters konstant gehalten wird, nimmt die Wechselspannung mit abnehmender Belastung theoretisch unbegrenzt zu. Beim selbstgeführten Wechselrichter dagegen, bei dem der Phasenwinkel zwischen Gitter- und Anodenspannung festgehalten wird, nimmt mit abnehmender Belastung die Frequenz des erzeugten Wechselstromes bis theoretisch auf Null ab. In beiden Fällen muß zur Vermeidung dieses Übelstandes eine besondere Regeleinrichtung vorgesehen werden, für die sich am besten ein sogenannter Blindlastgleichrichter eignet (Bild 1). Dieser Blindlastgleichrichter ist gleichstromseitig kurzgeschlossen und wird nahezu auf Gleichspannung Null ausgesteuert. Eine kleine Änderung des Steuerwinkels dieses Blindlastgleichrichters bewirkt eine beträchtliche Änderung seines Gleichstromes und damit des dem Wechselstromnetz entnommenen Blindstromes. Durch Parallelschalten eines solchen regelbaren Blindlast-Gleichrichters zum Wechselrichter kann eine Konstanthaltung der Wechselspannung bzw. der Frequenz unabhängig von der Belastung des kondensatorerregten Wechselrichters erreicht werden. Beim maschinenerregten Wechselrichter geschieht die lastunabhängige Konstanthaltung der Spannung und Frequenz durch entsprechende Änderung der Erregung der Taktgebermaschine.

Nach den vorausgehenden grundsätzlichen Untersuchungen konnte das Betriebsverhalten sowie der Werkstoffaufwand der oben erwähnten vier verschiedenen Systeme leicht ermittelt werden. Der Gleichstromtransformator ergibt eine verhältnismäßig einfache Gesamtanordnung und gestattet vor allen Dingen die Verwendung normaler Gleichstromreihenschlußmotoren und eine verlustlose Regelung der Drehzahl vom Stillstand an mit Hilfe eines Transformatorstufenschalters. Nachteilig ist hierbei nur, daß außer dem Hochspannungsgefäß noch ein Niederspannungsgefäß von entsprechend großen Abmessungen sowie außerdem noch der erwähnte Blindlastgleichrichter erforderlich ist. Neuere Untersuchungen haben allerdings gezeigt, daß beim Gleichstromtransformator weitere Vereinfachungen möglich sind.

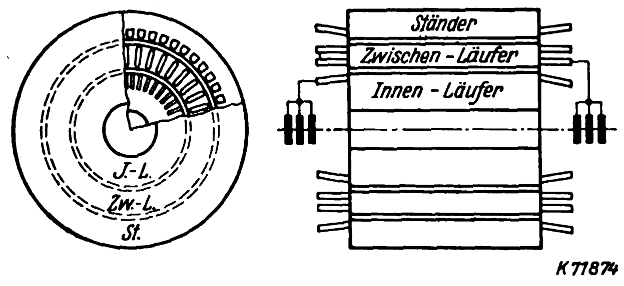


Bild 2. Grundsätzliche Anordnung eines Zwischenläufermotors für Stromrichterbetrieb.

Das zweite System ist bezüglich des Aufwandes am ungünstigsten. Die Drehzahlregelung geschieht von der Höchstdrehzahl bis zu einer bestimmten unteren Grenze durch Frequenzänderung (beispielsweise von 75 Hz bis herunter auf 25 Hz). Unterhalb dieser Drehzahl wird durch Widerstände im Läuferkreis der Asynchronmotoren geregelt. Die erforderliche Kondensatorleistung und die Größe des Blindlastgleichrichters wird durch die Verhältnisse beim Anfahren der Lokomotive bestimmt. Für die Leistung des Transformators ist die niedrigste Frequenz maßgebend. Der Gesamtaufwand erweist sich dabei als so groß, daß für dieses System nur geringe Aussicht auf praktische Verwirklichung besteht.

Etwas günstiger sind die Verhältnisse beim 3. System mit maschinenerregtem Wechselrichter. Doch besitzt diese Lösung den Nachteil der Verwendung einer besonderen umlaufenden Maschine, der Taktgebermaschine auf der Lokomotive. Sonst sind die Eigenschaften ähnlich wie bei System 2.

Die voraussichtlich günstigste Lösung stellt das 4. System mit Zwischenläufermotor dar (Bild 2 und 3). Hierbei kommt auf der Lokomotive an Hauptgeräten nur der Transformator und das Wechselrichtergefäß zur Aufstellung. Kondensatoren oder Taktgebermaschinen sind nicht erforderlich. Dafür weisen die Motoren eine Sonderkonstruktion mit Zwischenläufer auf; sie gleichen in baulicher Hinsicht nahezu vollkommen den Zwischenläufermotoren, wie sie von Schön für die Speisung von Einphasenwechselstrom-Lokomotiven für 50 Hz entwickelt und beispielsweise auf der Höllentallokomotive angewendet wurden. Der Zwischenläufer übernimmt dabei die Aufgabe, die im Falle 3 der Taktgebermaschine zufällt; er läuft infolgedessen auch bei Stillstand der Lokomotive um und erzeugt auf diese Weise jederzeit die für den Wechselrichter nötige Gegenspannung im Ständer des Motors. Sobald der Stromkreis des Innenläufers geschlossen wird, fährt die Lokomotive an und beschleunigt sich solange, bis die Drehzahlen des Innenläufers und des Zwischenläufers nur um den bei Asynchronmaschinen üblichen kleinen Schlupf voneinander abweichen. Das Anfahren der Lokomotive bis zu einer unteren Grenzdrehzahl geschieht durch Widerstandsregelung im Stromkreis des Innenläufers. Die weitere Drehzahlregelung (beispielsweise wieder von 25 bis 75 Hz) erfolgt durch Frequenzänderung, zu welchem Zweck die Spannung durch Stufenschalter am Wechselrichtertransformator verändert wird. Die Motoren haben wie im Falle 2 und 3 Nebenschlußverhalten. Nutzbremsung ist wie bei den übrigen Systemen möglich. Die Typenleistung des Wechselrichters ist normal wie bei einem auf ein Drehstromnetz arbeitenden stationären Wechselrichter. Zur Bestimmung der Ausnutzung der Zwischenläufermotoren wurde ein Vergleich mit den Motoren durchgeführt, wie sie für die Höllentallokomotive verwandt wurden. Dabei zeigte sich, daß die Motoren bei Stromrichterbetrieb und Speisung aus dem Gleichstromnetz über einen Wechselrichter eine um ungefähr 10% größere Leistung herzugeben vermögen, als bei der Speisung mit Einphasenwechselstrom von 50 Hz. Außerdem könnten die bei der Höllentallokomotive vorgesehenen zusätzlichen Drehstrommotoren bei Stromrichterbetrieb dauernd den Zwischenläufermotoren parallelgeschaltet werden, wodurch sich eine Mehrleistung gegenüber dem Einphasenbetrieb von rd. 40% ergeben würde. *Sb.*

FÜR DEN JUNGEN INGENIEUR

Der elektrische Überschlag

Von **Hans Neumann VDE**, Berlin

DK 537.523

Übersicht*). Auf Grund der Towsnendschen Darstellungen über Stoßionisation werden die Entladungsformen im homogenen und inhomogenen Feld beschrieben. Einige bekannte Eigenschaften der Funkenstrecken (Polaritätseinfluß bei Unsymmetrie usw.) werden hiernach erklärt.

1. Einleitung

Der Durchgang der Elektrizität durch Gase ist an das Vorhandensein elektrisch geladener Teilchen gebunden, die von den ungleichnamigen Elektroden angezogen werden. Hierfür stehen positive und negative Teilchen zur Verfügung. Die kleinsten negativen Teilchen, die Elektronen, besitzen eine Elementarladung ($e = 1{,}59 \cdot 10^{-19}$ Coulomb) und nur den 1857. Teil der Masse eines Wasserstoffatomes, nämlich $9{,}04 \cdot 10^{-28}$ g; infolge ihrer außerordentlich kleinen Masse sind sie sehr leicht beweglich. Ferner sind schwere elektrisch geladene Teilchen vorhanden, deren Gewicht beinahe mit dem eines neutralen Gasteilchens übereinstimmt, und die sich von diesem nur dadurch unterscheiden, daß sie mehr oder weniger Elektronen besitzen, als dem normalen, neutralen Zustand der Gasatome oder -moleküle entspricht. Vorwiegend tritt Abspaltung eines Elektrons ein. Solch ein positives Ion besitzt dann eine (positive) Elementarladung; es entsteht im Gas durch den Vorgang der Ionisation immer mit einem Elektron zusammen. Die Ionen sind im elektrischen Feld viel schwerer beweglich als die Elektronen. Man unterscheidet bei der Entstehung der Ladungsträger grundsätzlich zwei Möglichkeiten:

1. Die Ladungsträger werden aus den im Entladungsraum vorhandenen Körpern oder Gasen durch Fremdeinwirkung hervorgerufen. Hört diese auf, so verschwindet mit den Ladungsträgern auch der Entladungsstrom. Diese Form der Entladung heißt unselbständig.

2. Durch die am Stromtransport beteiligten Teilchen werden selber neue Ladungsträger erzeugt. Auch hier müssen zunächst fremderzeugte Ladungsträger vorhanden gewesen sein, die den Stromdurchgang einleiteten. Kennzeichnend für diese Entladungsform ist, daß das Tempo der Ionisation ausreicht, um in der Zeiteinheit ebensoviel oder mehr neue Ladungsträgerpaare zu erzeugen, als durch Abwanderung, Wiedervereinigung u. a. verschwinden. Die Entladung bleibt jetzt bestehen, auch wenn die Fremdionisierungsquelle fortfällt. Diese Entladung heißt selbständig.

2. Die Anfangsspannung im homogenen Feld

Die Anzahl der im unbeanspruchten Gas vorhandenen Ladungsträger ist durch das Gleichgewicht zwischen Ladungsträgererzeugung und -verlust gegeben. Durch das Anlegen einer Spannung an die Elektroden wird dieses Gleichgewicht gestört und dem Gasraum werden zusätzlich Ladungsträger entzogen. Der Teilchenentzug und damit der unselbständige Entladungsstrom ist zu Beginn proportional der angelegten Spannung (Bild 1). Wird die Spannung gesteigert, so überwiegt schließlich die Abwanderung alle anderen Verlustursachen, wie Wiedervereinigung u. a. Schließlich wandern praktisch alle erzeugten Ladungsträger zu den Elektroden. Der Strom kann jetzt nicht mehr ansteigen, weil keine Teilchen zusätzlich zum Stromtransport zur Verfügung stehen; er bleibt von jetzt ab nahezu gleich groß, man bezeichnet ihn als Sättigungsstrom.

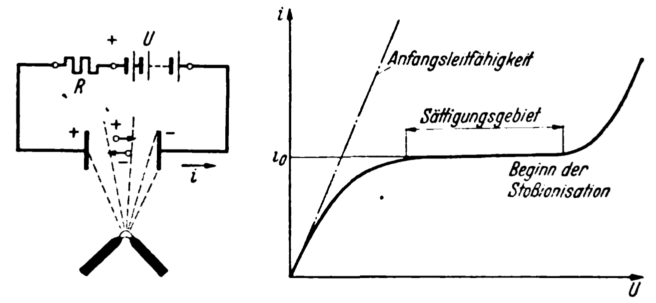


Bild 1. Unselbständige Entladung.

Steigert man die Spannung weiter, so erhalten die Elektronen eine immer höhere Geschwindigkeit, so daß sie schließlich vermöge ihrer kinetischen Energie beim Zusammenstoß mit einem neutralen Gasteilchen aus dessen Verband neue Elektronen lösen können. Dieser Vorgang heißt Stoßionisation; ihr Eintritt macht sich in der Kennlinie durch das Ansteigen des Stromes bei einer bestimmten, sogenannten kritischen Spannung bemerkbar. Dabei ist für die Ladungsträgervermehrung eine Zahl α kennzeichnend, die angibt, wieviel ionisierende Zusammenstöße ein Elektron im Mittel auf 1 cm Weg längs der Kraftlinien des Feldes erleidet; α ist eine Funktion der Feldstärke $\mathfrak{E}$ und der Gasdichte δ:

$$\frac{\alpha}{\delta} = A\,\mathrm{e}^{-B\,\delta/\mathfrak{E}}, \qquad (1)$$

wobei A und B Festwerte sind.

Längs des Weges von x bis $x + \mathrm{d}x$ ist der Zuwachs $\mathrm{d}n$ der Elektronen der Anzahl der Elektronen proportional, die in diesen Abschnitt der Entladungsstrecke eintreten,

$$\mathrm{d}n = \alpha\, n\, \mathrm{d}x.$$

Die Integration ergibt die Anzahl der Elektronen, die an Stelle eines jeden aus der Kathode ausgetretenen Elektrons in der Entfernung x von der Kathode vorhanden sind. Im homogenen Feld ist (α = konst.)

$$n_x = \mathrm{e}^{\alpha x}.$$

An der Anode ($x = d$) gilt, wenn n_0 Elektronen die Kathode verlassen haben:

$$n = n_0\,\mathrm{e}^{\alpha d}. \qquad (2)$$

Bei weiterer Spannungssteigerung erhalten auch die Ionen eine zur Ionisation ausreichende Geschwindigkeit. Ferner lösen sie dann beim Aufprall auf die Kathode aus dieser Elektronen aus. Auf Grund beider Erscheinungen ergibt sich, daß die Elektronenvermehrung stärker zunimmt, als der Gl. (2) entspricht. Trotzdem, wie wir sehen werden, die Ionen-Ionisation für die Erhaltung einer selbständigen Entladung unbedingt notwendig ist, tragen zum

*) Vortrag, gehalten am 18. 10. 1940 vor der Arbeitsgemeinschaft „Hochspannungstechnik" des VDE-Bezirks Berlin.

Stromtransport die Ionen viel weniger bei als die viel beweglicheren Elektronen.

Die Ionisierung im Gasraum durch die Ionen wird durch die Zahl β gekennzeichnet, wobei β klein gegen α ist. Eine einfache Rechnung ergibt die Verstärkung des Stromes infolge der Elektronenvermehrung (vgl. Anhang):

$$i = \frac{(\alpha - \beta)\, e^{(\alpha - \beta) d}}{\alpha - \beta\, e^{(\alpha - \beta) d}}\, i_0 . \tag{3}$$

An der Kathode löst ein Ion im Mittel γ' neue Elektronen aus. Nach Gl. (2) gelangen für jedes durch Fremdeinfluß aus der Kathode gelöste Elektron $e^{\alpha d} - 1$ Ionen zur Kathode, die demnach dort $\gamma' (e^{\alpha d} - 1)$ neue Elektronen auslösen. Jedes dieser Elektronen hat wieder $e^{\alpha d} - 1$ Ionen zur Folge, die zur Kathode zurückgelangen und dort wiederum dieselbe Zahl Elektronen befreien. Da bereits von den Ionen der ersten Welle $\gamma' (e^{\alpha d} - 1)$ Elektronen erzeugt wurden, ist somit die Gesamtzahl der Elektronen der dritten Welle $\gamma'^2 (e^{\alpha d} - 1)^2$. Das primäre Elektron und alle folgenden stellen also

$$1 + \gamma' (e^{\alpha d} - 1) + \gamma'^2 (e^{\alpha d} - 1)^2 + \cdots = \frac{1}{1 - \gamma' (e^{\alpha d} - 1)} \tag{4}$$

Elektronen dar ($\gamma' < 1$). Bis diese zur Anode gelangt sind, haben sie sich vermehrt auf

$$z' = \frac{e^{\alpha d}}{1 - \gamma' (e^{\alpha d} - 1)} . \tag{5}$$

Die Gleichungen (3) und (5) stimmen praktisch überein, wenn man in der Summe β gegen α vernachlässigt. Die Elektronenerzeugung durch die Ionen im Gas und an der Kathodenoberfläche sind also gleichwertig. Man kann für die Elektronenvermehrung durch alle bisher geschilderten Umstände schreiben:

$$i : i_0 = \frac{e^{\alpha d}}{1 - \left(\gamma' + \frac{\beta}{\alpha}\right)(e^{\alpha d} - 1)} = \frac{e^{\alpha d}}{1 - \gamma (e^{\alpha d} - 1)} . \tag{6}$$

Die Hypothese der lawinenartigen Vermehrung der Elektronen durch Stoßionisation geht auf Vorstellungen von T o w n s e n d zurück; sie werden durch die Übereinstimmung der Rechnung mit den Beobachtungen und durch das unmittelbare Experiment bestätigt. So gelang es, die Elektronenlawinen direkt in der W i l s o n schen Nebelkammer nachzuweisen[1]). Unter Verwendung kurz andauernder Stoßspannungen konnte die Aufbauzeit der Lawinen größenordnungsmäßig zu 10^{-8} s bestimmt werden, wobei an der Spitze der Lawine die Laufgeschwindigkeit der Elektronen rd. $10^{8}\ \mathrm{cm\,s^{-1}}$ beträgt.

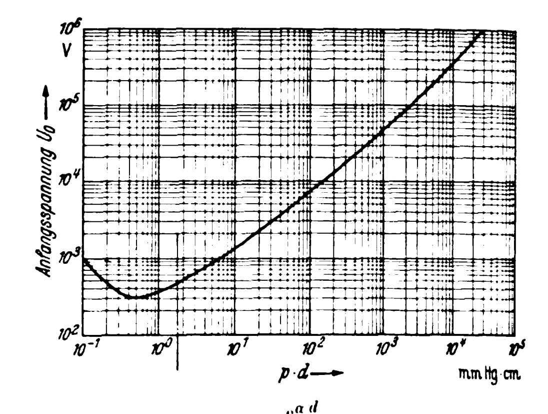
Bei steigender Spannung, also mit wachsendem α, wächst die Stromverstärkung zunächst infolge der Vergrößerung des Zählers in Gl. (6). Dann verringert sich immer merklicher der Wert des Nenners. Wenn

$$\gamma (e^{\alpha d} - 1) = 1 \text{ bzw. } \alpha d = \ln \left(1 + \frac{1}{\gamma}\right) \tag{7}$$

ist, so würde zu jedem Vorstrom ein unendlich hoher Entladungsstrom gehören, da dann der Nenner in Gl. (6) verschwände. Die Entladung ist selbständig geworden, denn zur Aufrechterhaltung jedes beliebigen Entladungsstromes ist jetzt kein unselbständiger Vorstrom mehr nötig. Die Spannung, die zu diesem Umschlag der Entladung gehört, heißt Anfangsspannung; sie spielt in der Meßtechnik eine große Rolle. Die Höhe der Anfangsspannung U_0 läßt sich für homogene Felder aus den bereits abgeleiteten Beziehungen leicht ermitteln, wenn man aus der Stoßfunktion Gl. (1)

$$\frac{\alpha}{\delta} = A\, e^{-B \frac{\delta d}{U_0}}$$

[1]) E. Flegler u. H. Raether, Z. Phys. 99 (1936) S. 635.



Elektronenlawine: $z = \dfrac{e^{\alpha d}}{1 - \gamma (e^{\alpha d} - 1)}$

Umschlagsbedingung: $1 - \gamma (e^{\alpha d} - 1) = 0, \quad \alpha = \dfrac{1}{d} \ln \left(1 + \dfrac{1}{\gamma}\right)$

Stoßfunktion: $\alpha = p A e^{-B \frac{p d}{U_0}}$

Anfangsspannung: $U_0 = B \dfrac{p d}{\ln \left(\dfrac{A p d}{\ln \left(1 + \frac{1}{\gamma}\right)} \right)} = \dfrac{\text{konst.}\ p d}{\text{konst.} + \ln p d}$

Bild 2. Paschensches Gesetz.

den Wert für α in die Umschlagsbedingung Gl. (7) einsetzt. Es ergibt sich

$$U_0 = k_1 \frac{\delta d}{k_2 + \ln \delta d} . \tag{8}$$

Die Höhe der Anfangsspannung ist also nur vom Produkt Schlagweite mal Gasdichte abhängig; ihr Verlauf ist in Bild 2 dargestellt. Die Abhängigkeit ist unter dem Namen P a s c h e n sches Gesetz bekannt.

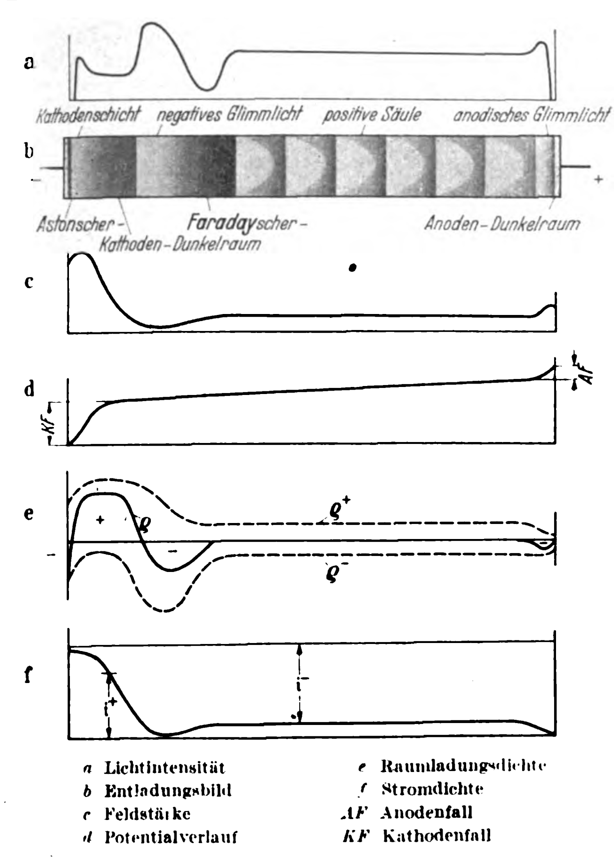
In der Entladungsstrecke können bis hierher noch keine Leuchterscheinungen wahrgenommen werden, da die Geschwindigkeit der Elektronen noch nicht zur Anregung der Gasteilchen ausreicht. Diese erste dunkle Stufe der selbständigen Entladungen bezeichnet man mit Townsend-Entladung. Trotzdem sie nach dem formalen Rechnungsergebnis der Gl. (6) mit einem unendlich hohen Strom einsetzen müßte, kann sie links von der in Bild 2 gezeichneten Grenzlinie auch stabil erhalten werden. Die Lage des Punktes, an dem die Townsend-Entladung sofort in die höheren Entladungsformen übergeht, kann aus den Gaskonstanten berechnet werden[2]). Hier sei nur erwähnt, daß der Grund für das abweichende Verhalten von der Rechnung in dem feldverzerrenden Einfluß der Raumladungen zu suchen ist, die stets bei der Bildung von Elektronenlawinen auftreten.

3. Die Glimmentladung

Der Übergang von der Townsend-Entladung in die Glimmentladung geht je nach den äußeren Bedingungen sprungweise oder allmählich. Kennzeichnend für die Glimmentladung ist das Auftreten von Leuchterscheinungen in der Entladungsstrecke. Auf der Kathode bildet sich zunächst eine Lichthaut, die nur einen Teil der Oberfläche bedeckt und sich mit wachsendem Strom immer mehr ausbreitet. Hierbei bleibt die Stromdichte in den kathodennahen Gebieten der Entladung konstant; diese Form der Entladung bezeichnet man als die normale Glimmentladung. Erst, wenn die Kathode ganz bedeckt ist, wächst bei steigendem Strom auch die Stromdichte an (anomale Glimmentladung).

Während das kathodische Leuchten bei der Glimmentladung stets vorhanden ist, sind meist nur bei größeren Schlagweiten und geringen Drucken auch andere Stellen der Entladungsstrecke von Leuchterscheinungen erfüllt.

[2]) A. v. Engel u. M. Steenbeck, Elektrische Gasentladungen Bd. 2, S. 50. Julius Springer, Berlin 1934.



a Lichtintensität
b Entladungsbild
c Feldstärke
d Potentialverlauf
e Raumladungsdichte
f Stromdichte
AF Anodenfall
KF Kathodenfall

Bild 3. Vollständige Glimmentladung.

Bild 3 gibt die Verhältnisse bei einer in einem Glasrohr brennenden Glimmentladung überschläglich wieder. Von der Kathode zur Anode unterscheidet man:

eine sehr dünne, lichtlose Schicht, den Astonschen Dunkelraum,

die leuchtende Kathodenschicht,

eine lichtärmere Schicht, den Kathoden-Dunkelraum, der gegen die Kathodenschicht zu unscharf ist; dagegen besitzt er eine scharfe Grenze gegenüber dem nun folgenden

negativen Glimmlicht. Dieses leuchtet am stärksten. Es geht allmählich über in ein neues, lichtärmeres Gebiet, den

Faradayschen Dunkelraum. An diesen schließt sich scharf abgesetzt an

die positive Säule, die bei Entladungen in langen Röhren gewöhnlich auffallendste Leuchterscheinung. Vor der Anode kann man noch bemerken:

das anodische Glimmlicht und den

anodischen Dunkelraum.

In Bild 3 sind auch Kurven eingetragen, die den Verlauf wichtiger Größen qualitativ wiedergeben. Über dem Bild der Entladung ist der Verlauf der Lichtintensität dargestellt. Man erkennt, daß nur der Astonsche, ein Teil des Faradayschen und vielleicht der Anoden-Dunkelraum wirklich dunkel sind. Die hellste Stelle liegt beim Übergang zum negativen Glimmlicht am Glimmsaum.

Die unter dem Entladungsbild gezeichnete Kurve gibt die Feldstärkenverteilung an. Dicht vor der Kathode ist sie sehr groß, nimmt jedoch schnell ab und wird im negativen Glimmlicht nahezu Null; in der positiven Säule besitzt sie einen gleichbleibenden kleinen Wert, um kurz vor der Anode nochmals anzusteigen. Die Gebiete höherer Feldstärken vor den Elektroden bezeichnet man mit Kathoden- bzw. Anodenfall. Beide bewirken eine schnelle Zunahme des Potentiales, während in der positiven Säule das Potential nur langsam zunimmt.

Das nächste Diagramm zeigt die Verteilung der Raumladung in der Entladungsstrecke. Die Raumladungen entstehen durch den Überschuß der einen Ladungsträgerart über die andere. Es ist daher schwierig, sie in positive und negative Raumladungsanteile zu trennen. Die gezeichnete Aufteilung dürfte jedoch größenordnungsmäßig den Zustand wiedergeben.

In der Nähe der Kathode wird der Stromfluß hauptsächlich von positiven Teilchen getragen, wie aus dem nächsten Diagramm hervorgeht. In den übrigen Gebieten trägt die positive Stromdichte nur in geringem Maß zur Entladung bei. Diese wird vielmehr fast ausschließlich durch die leichten, beweglichen Elektronen unterhalten. Am Anfang der Entladungsstrecke sind diese dagegen noch zu selten und haben überdies eine zu geringe Geschwindigkeit.

Die zur Ionisierung günstigste Geschwindigkeit erhalten die Elektronen im Kathoden-Dunkelraum. Dort findet sich die größte positive Raumladung. Die Geschwindigkeit der Elektronen ist dort aber bereits zu groß, um mit der höchsten Wahrscheinlichkeit das Gas zum Leuchten anzuregen. Vor der Stelle der höchsten positiven Raumladung werden die Elektronen noch beschleunigt und ihre Geschwindigkeit liegt in der Nähe des Höchstwertes der Anregungsfunktion[3]). Hier entsteht die leuchtende Kathodenschicht. Hinter der positiven Raumladung werden die Elektronen abgebremst und erreichen dann wieder eine für die Anregung günstigste Geschwindigkeit. Das ist die Stelle des negativen Glimmlichtes. Die dort immer noch vorhandene Verzögerung durch die positive Raumladung bewirkt, daß die Elektronen auslaufen und ihre Geschwindigkeit unter die Anregungsschwelle sinkt. Es entsteht der Faradaysche Dunkelraum, in dem gleichzeitig eine erhöhte Konzentration negativer Ladungsträger vorhanden sein muß. Danach werden die Elektronen wieder durch das elektrische Feld beschleunigt und treten in das Gebiet der positiven Säule ein. Die hier zu beobachtenden Leuchterscheinungen hängen stark von äußeren Einflüssen ab; so fehlt bei Entladungen im freien Raum die positive Säule ganz. Es dürfte dabei die Absorption der Ladungsträger durch die Wand eine große Rolle spielen.

Die Brennspannung ist bei einer voll ausgebildeten Glimmentladung von der Schlagweite abhängig; sie setzt sich aus drei Teilen zusammen: dem Kathodenfall, dem Spannungsabfall in der positiven Säule und dem Anodenfall. Nähert man die Elektroden einander, so verschwindet allmählich die positive Säule. Die Brennspannung ist dann nur noch durch den Kathodenfall (und gegebenenfalles noch durch den Anodenfall) bestimmt. Eine noch weitere Annäherung der Elektroden hat eine Behinderung der Entladung und eine Erhöhung der Brennspannung zur Folge. Es trifft dann nämlich ein erheblicher Teil der Primärelektronen die Anode unmittelbar, ohne unterwegs ionisierende Zusammenstöße erlitten zu haben. Dieser Teil geht somit für die Ionisierung im Gasraum verloren. Damit wird die Ionenausbeute geringer, wodurch wieder an der Kathode weniger Elektronen ausgelöst werden. Um das auszugleichen, schafft die Entladung durch Erhöhung der Brennspannung einen Ersatz dieses Ionenausfalles.

Umgekehrt wächst bei einer Vergrößerung des Elektrodenabstandes die Brennspannung, weil der Spannungsabfall in der länger werdenden positiven Säule wächst. Es ergibt sich auch bei der Glimmentladung eine zu einer bestimmten Schlagweite gehörende kleinste Brennspannung, die im wesentlichen dem benötigten Kathodenfall entspricht. Vor und hinter diesem Minimum, d. h. bei langen und bei stark behinderten Glimmentladungen kann die Brennspannung um einige Größenordnungen höher sein als der kleinste Kathodenfall.

---

[3]) Unter Anregungsfunktion versteht man die Häufigkeitsverteilung in Abhängigkeit von der Elektronengeschwindigkeit, mit der Zusammenstöße zur Anregung führen; sie besitzt ein ausgeprägtes Maximum. Für jede Spektrallinie liegt die günstigste Geschwindigkeit an einer anderen Stelle. Vgl. A. v. Engel u. M. Steenbeck, Elektrische Gasentladungen, Bd. 1. Julius Springer, Berlin 1932.)

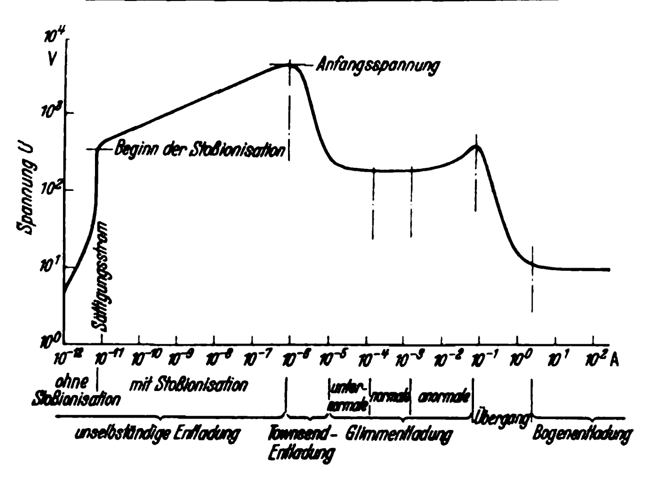


Bild 4. Größenordnungsmäßige Darstellung der gesamten Kennlinie einer Entladung.

4. Die Bogenentladung

Wir sahen, daß bei der anomalen Glimmentladung eine Stromsteigerung ein Anwachsen der Stromdichte in den kathodennahen Gebieten der Entladung verursacht; anderseits steigt dadurch auch der Kathodenfall. Der Energieumsatz als Produkt von Stromdichte mal Kathodenfall wird also mit wachsendem Strom schnell größer. Man nähert sich der Grenze, wo die Glimmentladung in die nächst höhere Entladungsform überschlägt.

Infolge des Energieumsatzes in der Nähe der Kathode wird diese jetzt merklich aufgeheizt und emittiert neben den durch Ionenbombardement ausgelösten Elektronen in steigendem Maße Glühelektronen. Durch die größere Emissionsmöglichkeit der Kathode wird im Gasraum eine kleinere Ionisierung benötigt, um die Entladung zu erhalten. Das wirkt dem weiteren Ansteigen der Brennspannung entgegen. Der Kathodenfall und damit die Brennspannung wachsen zunächst immer weniger schnell, um schließlich ein Maximum zu durchlaufen und hinterher abzunehmen. Wenn die Glühelektronen überwiegen, wird schließlich nur noch ein Kathodenfall benötigt, der im Verein mit der Stromdichte eine genügende Aufheizung der Kathode bewirkt. Dies ist das Gebiet der Bogenentladung, für die der viel kleinere Kathodenfall, rd. ein Zehntel des Kathodenfalles einer normalen Glimmentladung, kennzeichnend ist. Die Änderung der Brennspannung mit wachsendem Strom kann aus Bild 4 ersehen werden. In dieser Darstellung ist ohne Anspruch auf zahlenmäßige Übereinstimmung der Verlauf der Kennlinie von der unselbständigen Entladung an qualitativ wiedergegeben. Die Zahlen an der Abszisse und der Ordinate sollen nur einen Anhalt geben.

Die äußeren Erscheinungsformen der Bogenentladung sind stark von den Versuchsbedingungen abhängig. Eine kurz andauernde Bogenentladung ist der Funken, der z. B. dann auftritt, wenn die Elektroden eine größere Kapazität gegeneinander besitzen und der Stromnachfluß von der Ladequelle durch Widerstände abgeriegelt ist.

5. Die Entladung in inhomogenen Feldern

Die Ionisierungsfunktion α ist unabhängig von der Feldform definiert worden [vgl. Gl. (1)]; im inhomogenen Feld ist sie längs der Kraftlinien keine Konstante mehr. Die Anfangsspannung läßt sich dennoch wie beim homogenen Feld berechnen, wenn nur die Feldform bekannt ist.

Bei ausgesprochen inhomogenen Feldern, z. B. Spitzenelektroden oder Kugeln großer Schlagweite, findet im Gegensatz zu den bisher betrachteten homogenen Anordnungen die Ionisierung in Elektrodennähe unter ganz anderen Bedingungen statt als in den Gebieten kleinerer Feldstärke. Bereits bei der Townsend-Entladung zwischen Plattenelektroden sahen wir, daß diese Entladung nur stabil erhalten werden kann, wenn der feldverzerrende Einfluß der Raumladung der Ionisation im Gasraum entgegenwirkt. Bei inhomogenen Feldern kann an den Stellen mit hoher Feldstärke der feldverzerrende Einfluß bereits zum Umschlag in eine höhere Entladungsform ausreichen. An dieser Stelle fällt dann die Kennlinie dieses Entladungsabschnittes. Damit dringt sie in Gebiete schwacher Feldstärken ein und kann hier Bedingungen vorfinden, die eine stabile Erhaltung der dunklen Townsend-Entladung ermöglichen. Es sind also Gebiete mit fallender und steigender Kennlinie hintereinandergeschaltet, wobei es darauf ankommt, welcher Teil der Entladung überwiegt. So kann sich an der Elektrode bereits eine bogenähnliche Entladung hoher Stromdichte bilden, trotzdem der vollständige Durchbruch noch nicht stattfindet. Wird bei weiterer Spannungssteigerung das Gebiet mit fallender Kennlinie auf Kosten des Gebietes mit steigender Kennlinie vergrößert, so daß der Gesamtentladung eine fallende Kennlinie zuzuordnen ist, so erfolgt der Durchbruch. Bei Elektrodenanordnungen mit inhomogenen Feldern liegt also die Funkenspannung zum Teil erheblich über der Anfangsspannung. In Bild 5 ist vergleichsweise die Überschlagskennlinie einer Kugel- und einer Spitzenfunkenstrecke dargestellt. Bei der Kugel stimmt bei kleinen Schlagweiten Anfangsspannung und Funkenspannung noch überein; in diesem Gebiet kann die Kugelfunkenstrecke mit großer Genauigkeit als Spannungsmeßgerät verwendet werden. Bei größeren Schlagweiten wird auch diese Anordnung zu inhomogen, und die Anfangskennlinie löst sich von der Überschlagskennlinie. Diese Loslösung tritt bei größerem Kugeldurchmesser selbstverständlich erst später ein. Dagegen liegt die Funkenkennlinie bei kleinen Kugeln in der Nähe der Kennlinie für Spitzenfunkenstrecken.

Die im Gebiet zwischen der Anfangs- und Funkenkennlinie auftretenden Entladungsformen an den Elektroden bezeichnet man als Stielbüschel. Bei stark inhomogenen Feldern an der einen Elektrode und homogenem Feld an der anderen (z. B. Anordnung Spitze-Platte) macht sich außerdem ein Polaritätseinfluß geltend (Bild 6). Man findet, daß bei gleicher Schlagweite der Funkendurchbruch bei positiver Spitze bei kleineren Spannungen eintritt als bei negativer Spitze. Offenbar muß die verschiedene Beweglichkeit der positiven und negativen Ladungsträger die Ursache dieser Erscheinung sein.

Vor der Spitze setzt das Glimmen zuerst ein, da hier die Feldstärke am höchsten ist. Dadurch bildet sich an dieser Stelle eine positive Raumladungswolke, denn die Elektronen werden viel schneller als die Ionen aus dem Gebiet hoher Feldstärke herausgeführt. Es soll nun aus

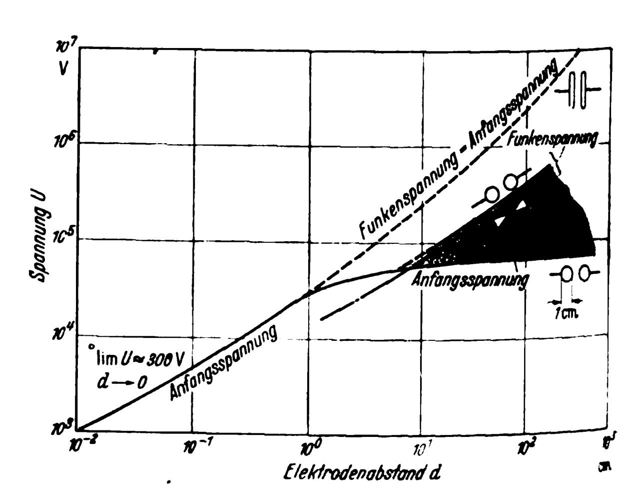
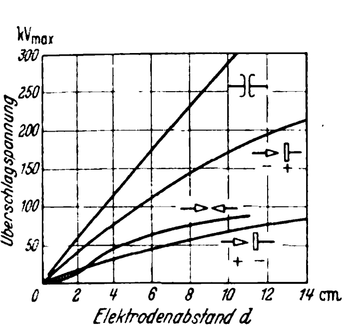
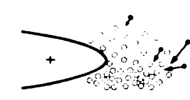


Bild 5. Anfangsspannung und Funkenspannung (symmetrische Anordnung gegen Erde).





ionisierende Elektronen verstärken Ungleichmäßigkeit der positiven Raumladung



ionisierende Elektronen verringern Ungleichmäßigkeit der positiven Raumladung

positive Raumladung ungleichmäßiger Konzentration vor Spitzen

Bild 6. Einfluß der Polarität auf den Durchbruch im unsymmetrischen Feld.

irgendeinem Grund die positive Raumladung vor der Spitze ungleichförmig, an einer Stelle also besonders dicht sein. Positive und negative Spitze reagieren hierauf verschieden, wie die schematische Darstellung in Bild 6 zeigt. Die ankommenden Elektronen werden im Fall der positiven Spitze zu den Stellen stärkerer Raumladung hingezogen, da die Raumladung die anziehende Wirkung der Spitze unterstützt. Es tritt also besonders leicht an den Stellen Ionisierung ein, die ohnehin schon höher ionisiert sind. An diesen Stellen schlägt die Entladung zuerst um. Neue Elektronenlawinen werden natürlich ebenfalls zu dem bereits bestehenden Kanal höherer Ionisation hingelenkt. Vor der positiven Spitze entsteht also ziemlich schnell ein Stielbüschel. Durch die Ausbildung eines derart gut geleiteten Kanales wird aber gewissermaßen die Spitze verlängert; der endgültige Überschlag findet verhältnismäßig bald statt.

Vor der negativen Spitze dagegen schirmen Stellen höherer positiver Ionenkonzentration in ihrem Wirkungsbereich die Elektrode besser ab. Die Elektronen suchen sich daher bevorzugt die Stellen zum Ionisieren aus, die schwächer mit positiver Raumladung belegt sind. Dadurch wird diese vergleichmäßigt; die Folge ist, daß bis zu höheren Spannungen vor der Spitze eine Zone gleichmäßigen Sprühens liegt. Dem Funkenüberschlag fehlt die Unterstützung durch einen vorwachsenden Büschelstiel. Die Anordnung negative Spitze – positive Platte ist also elektrisch fester.

Der gleiche Polaritätsunterschied tritt bei allen unsymmetrischen Feldanordnungen auf. Der wichtigste Fall ist der Stützerüberschlag. Hier ist der Stützerkopf der Spitze zu vergleichen, während der Fuß mit der Erde zusammen die Platte darstellt. Ein Stützer schlägt mit positiver Spannung am Kopf eher über als mit negativer. Der Unterschied wird verwischt, wenn man den Stützer auf einer Säule vom Erdboden entfernt aufstellt. Dann gleicht der Feldverlauf eher der Anordnung Spitze – Spitze, bei der keine Polaritätsunterschiede auftreten.

6. Zusammenfassung

Die Entladungsformen bei der elektrischen Beanspruchung einer Funkenstrecke stehen in unmittelbarem Zusammenhang miteinander, so daß jede Form aus dem vorhergehenden Zustand abgeleitet werden kann. Die Berechnung der Anfangsspannung ist bei homogenen und inhomogenen Feldern auf Grund der Townsendschen Theorie ohne weiteres möglich, wenn der Feldverlauf bekannt ist. Hier ist besonders auf das Buch von Schumann hinzuweisen[4]).

Bei unsymmetrischen Elektrodenanordnungen ergibt sich ein Polaritätsunterschied in der Überschlagkennlinie, der mit Hilfe der verschiedenen Beweglichkeit der Elektronen und Ionen und auf Grund von angenommenen Ungleichförmigkeiten der sich einstellenden positiven Raumladung zu erklären ist.

Die Darstellung der physikalischen Grundlagen mußte unvollständig bleiben; so fehlt z. B. ganz die Behandlung des wichtigen Einflusses der Zeit beim Aufbau der Entladung. Hier sind vor allem Strigels Messungen zu nennen[5]). Der Aufbau der Entladung beginnt bei den vorhandenen ionisierenden freien Elektronen. Unter normalen Umständen sind diese in großer Zahl vorhanden, jedoch im einzelnen vollkommen willkürlich in bezug auf Geschwindigkeit, Lage u. a. verteilt. Jede Entladung ist also eigentlich statistisch auszuwerten. Wenn wir trotzdem z. B. mit der Kugelfunkenstrecke Spannungen mit beachtlicher Genauigkeit messen können, so ist das auf die große Zahl der ionisierenden Anfangselektroden zurückzuführen, die sich am Aufbau der Entladung beteiligen. Das Ergebnis des Überschlages wird damit frei von den zufälligen Umständen, unter denen der Aufbau jeder einzelnen Lawine vor sich geht. Die Wahrscheinlichkeitsrechnung besitzt daher bei der Berechnung des zeitlichen Ablaufes der Entladung große Bedeutung. Hierauf näher einzugehen verbietet jedoch der zur Verfügung stehende Raum.

Anhang

Berechnung der Elektronenvermehrung unter Berücksichtigung der ionisierenden Wirkung der Ionen im Gas.

Die Entladungsstromdichte ist:

$$i = e\,(n\,v_- + p\,v_+),$$

dabei ist

n Anzahl der negativen Teilchen [cm^{-3}],
p Anzahl der positiven Teilchen [cm^{-3}],
v_- Elektronengeschwindigkeit [$\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$],
v_+ Ionengeschwindigkeit [$\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$],
$e = 1{,}59\cdot 10^{-19}$ Elementarladung [$\text{A}\cdot\text{s}$].

Der Zuwachs an Elektronen ist proportional der durch 1 cm² hindurchtretenden Teilchen.

$$\frac{\mathrm{d}\,n\,v_-}{\mathrm{d}x} = \alpha\,n\,v_- + \beta\,p\,v_+ = (\alpha - \beta)\,n\,v_- + \beta\,\frac{i}{e}.$$

Die Lösung dieser linearen Differentialgleichung lautet[6])

$$n\,v_- = \mathrm{e}^{(\alpha-\beta)x}\left[C - \frac{\beta}{\alpha-\beta}\,\frac{i}{e}\,\mathrm{e}^{-(\alpha-\beta)x}\right].$$

Für $x = 0$ ist $n\,v_- = (n\,v_-)_0 = i_0/e$, wenn mit i_0 der Vorstrom infolge der Fremdionisierung bezeichnet wird. Hieraus

$$C = \frac{\beta}{\alpha-\beta}\,\frac{i}{e} + \frac{i_0}{e},$$

$$n\,v_- = \mathrm{e}^{(\alpha-\beta)x}\left[\frac{i_0}{e} + \frac{\beta}{\alpha-\beta}\,\frac{i}{e}\left(1 - \mathrm{e}^{-(\alpha-\beta)x}\right)\right].$$

Für $x = d$ ist $p = 0$, also $n\,v_- = i/e$.

$$\frac{i}{e} = \mathrm{e}^{(\alpha-\beta)d}\left[\frac{i_0}{e} + \frac{\beta}{\alpha-\beta}\,\frac{i}{e}\left(1 - \mathrm{e}^{-(\alpha-\beta)d}\right)\right]$$

oder

$$i = \frac{(\alpha-\beta)\,\mathrm{e}^{(\alpha-\beta)d}}{\alpha - \beta\,\mathrm{e}^{(\alpha-\beta)d}}\,i_0.$$

---

[4]) W. O. Schumann, Elektrische Durchbruchsfeldstärke von Gasen. Julius Springer, Berlin 1923.

[5]) R. Strigel, Elektrische Stoßfestigkeit. Julius Springer, Berlin 1939.

[6]) Vgl. Hütte Bd. I, 26. Aufl. S. 101.

Schwingvoltmeter zur Messung elektrischer Feldstärken und Hochspannungen[1])

DK 621.317.725.027.3

Verfahren zur Messung von Hochspannung, die nicht auf der unmittelbaren Verwendung der Kugelfunkenstrecken beruhen, sind von Starke und Schröder[2]), Schwenkhagen, Kirkpatrick sowie durch Van Atta und seine Mitarbeiter entwickelt worden[3]). Eine neue Anordnung besteht aus zwei an der zu messenden Spannung U_0 liegenden Kondensatorplatten. Durch Bewegen der einen Kondensatorplatte wird die Zahl der auf dieser Platte endenden Feldlinien geändert, wodurch sich auch die auf den Platten vorhandene elektrische Ladung ändert und zwischen dem Kondensator und der Spannungsquelle ein Ausgleichstrom entsteht. Diese Änderungen lassen sich dadurch erreichen, daß die der hochspannungführenden Kondensatorplatte gegenüber befindliche bewegliche Platte gemäß Bild 1 an einen z. B. elektromagnetisch angetriebenen Schwinger befestigt wird. a ist eine kreisförmige Metallplatte, b ein Kreisring und c ein im Mittelpunkt der Platte a befestigter Isoliersteg, über den der mit der Kreisfrequenz $\omega = 2\pi f$ auf und nieder schwingende Kern des Elektromagneten angreift. Der sich dabei ändernde Feldlinienverlauf während einer halben Schwingungsdauer verursacht die über das Meßgerät fließenden periodischen Ladungsverschiebungen. Diesen Ladungsverschiebungen entspricht eine Kapazitätsänderung $C = C_0 + C_1 \sin \omega t$. Bei kleinen Werten C_1/C_0 können die höheren Harmonischen vernachlässigt werden, und es ergibt sich für den Effektivwert des Ausgleichstromes:

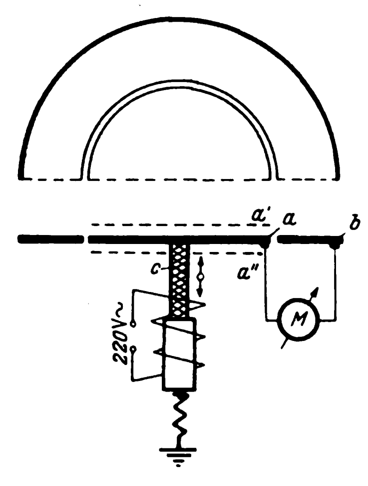


Bild 1. Beispiel eines Schwingvoltmeters.

$$I = \frac{U_0}{\sqrt{2}} \frac{\Delta d}{d} \omega C_0 ,$$

wobei Δd der halbe Gesamthub und d der Plattenabstand ist. Statt dessen kann auch die Spannung U an a und b gemessen werden. Solange der im Ausgleichstromkreis liegende Widerstand R klein gegen $1/\omega C_0$ ist, ergibt sich hierfür:

$$U = \frac{U_0}{\sqrt{2}} \frac{\Delta d}{d} \omega R C_0 .$$

Nach dem Vorschlag von E. Schmidt wird zur Vergrößerung der Fugenlänge die bewegliche Elektrode zweckmäßig nach Bild 2 so ausgebildet, daß sie durch entsprechend zahlreiche Öffnungen der feststehenden Elektrode hindurchtreten kann. Die jeweils der hochspannungführenden Kondensatorplatte nähere Elektrode schirmt dann die andere gegen das elektrische Feld ab, so daß während einer halben Periode der Bewegung fast sämtliche Feldlinien von einer Elektrode auf die andere hinüberwechseln. Diese Betrachtungen gelten für das homogene Feld eines Plattenkondensators. Um Spannungen im nicht homogenen Feld zu messen, muß der Feldverlauf bekannt sein, bzw. es muß bei fester Aufstellung des Meßgerätes eine einmalige Eichung vorgenommen werden. Das Meßgerät ist von atmosphärischen Verhältnissen unabhängig und der Meßbereich für beliebig hohe Spannungen erweiterungsfähig. Die mit der Meßgröße verhältnisgleiche Spannungsanzeige geschieht fortlaufend. Da leitende Verbindungen mit dem Meßgegenstand

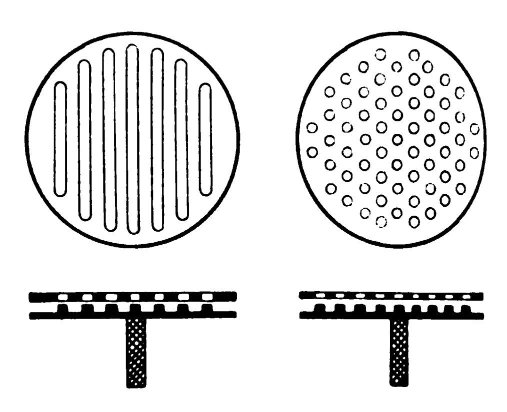


Bild 2. Aufteilung der Elektroden zur Vergrößerung der Fugenlänge nach E. Schmidt.

nicht erforderlich und umlaufende Teile vermieden sind und das Meßgerät, das dem Meßgegenstand keine Energie entzieht, etwa als Meßdose mit kleinen räumlichen Abmessungen hergestellt werden kann, dürften sich dafür zahlreiche Anwendungsmöglichkeiten ergeben. *O. N.*

1) W. Gohlke u. U. Neubert, Z. techn. Phys. 21 (1940) S. 217; 6 S., 10 B.
2) H. Starke u. R. Schroeder, Arch. Elektrotechn. 20 (1928) S. 115.
3) H. Böcker, Elektrostatische Hochspannungsmesser, ETZ 61 (1940) S. 729.

Der Einfluß der Temperatur bei der elektrischen Messung der Ionenkonzentration[1])

DK 541.132.3

Nach einer exakten Definition des Temperatureinflusses auf die Ionenkonzentrationsmessung werden aus der Nernstschen Formel

$$E = \frac{RT}{F} \ln \frac{c_1}{c_2}$$

für die von einer Konzentrationskette abgegebenen EMKe als Funktion der Ionenkonzentration in den beiden Lösungen c_1 und c_2 Formeln abgeleitet, aus denen der Temperatureinfluß auf die Ionenkonzentration für die verschiedenen, zur Konzentrationsmessung dienenden Elektroden entnommen werden kann. Die durch die Temperaturkoeffizienten der Elektroden selbst notwendige Korrektur wird gleichfalls formelmäßig erfaßt. Die Ergebnisse stimmen mit der Erfahrung überein.

Im zweiten Teil der Arbeit werden Schaltungen besprochen, mit deren Hilfe die beiden sich aus der Nernstschen Beziehung und aus der Temperaturabhängigkeit der von den Elektroden abgegebenen Spannung ergebenden Fehleranteile kompensiert werden können. Die Brückenschaltungen mit und ohne Hilfsstromquelle mit einem oder mit zwei Widerstandsthermometern werden durchgerechnet, die sowohl eine Veränderung der Neigung der Geraden, die die abgegebenen EMKe als Funktion der p_H-Werte darstellen, entsprechend der Nernstschen Formel ergeben und außerdem eine Parallelverschiebung dieser Geraden, d. h. eine Verschiebung dieser Geraden mit der Temperatur entsprechend der Temperaturabhängigkeit der Elektroden ermöglichen. Besonders hervorgehoben werden die von L. Behr und von F. Lieneweg angegebenen Schaltungen zur Kompensation des Temperatureinflusses. Auf die von Kordatzki angegebenen Temperaturkompensationsschaltungen wird entsprechend der Beschränkung auf die selbsttätige Berichtigung des Temperaturfehlers nicht eingegangen. Die Kompensation des Temperatureinflusses bei der elektrometrischen Ionenkonzentrationsbestimmung hat in letzter Zeit große Bedeutung für die Betriebskontrolle erlangt. *A. Kz.*

1) F. Fischer, Z. techn. Phys. 21 (1940) S. 161; 14 S., 7 B.

RUNDSCHAU

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung

DK 621.311.161 : 621.314.5

Netzkupplung durch Umrichter. [Nach O. K. Marti, Electr. Engng. 59 (1940) Transactions S. 495; 8 S., 11 B.]

In Anlehnung an das deutsche und schweizerische Fachschrifttum behandelt der Verfasser zunächst die Grundlagen der Umrichter in der üblichen Unterteilung starr, gleitend, mittelbar und unmittelbar arbeitend und anschließend die Vor- und Nachteile der verschiedenen Verfahren im Hinblick auf amerikanische Verhältnisse. Der starre unmittelbare Umrichter ist auf bestimmte Verhältniswerte der Periodenübersetzung beschränkt, um so mehr, wenn die Phasenspannungen zur Erzielung einer sinusförmigen Wechselspannung abgestuft werden. Diese Ausführung bietet nach Ansicht des Verfassers nur für die Übersetzung 3 : 1, also für europäische Verhältnisse, Vorteile zum Speisen des $16^2/_3$periodigen Bahnstromes aus dem 50periodigen Netz der öffentlichen Versorgung. Den gleitenden unmittelbaren Umrichter (Steuerumrichter), dessen Arbeitsweise nur aufgabenmäßig durch ein Spannungsbild angedeutet ist, hält der Verfasser für unvorteilhaft, weil die Anoden je nach dem Übersetzungsverhältnis ungleichmäßig beansprucht und daher übermäßig große Gefäße benötigt werden.

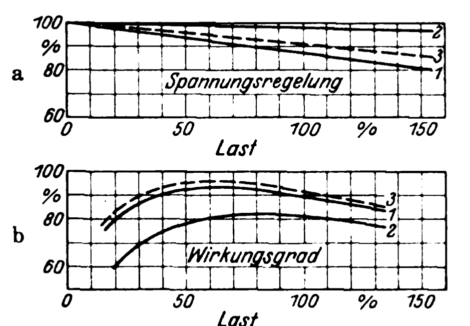
Die Angabe, der Wiesenthal-Umrichter arbeite mittelbar, trifft nicht zu; er arbeitet vielmehr nach dem Hüllkurvenverfahren und gestattet, worauf auch der Verfasser hinweist, den unmittelbaren Blindleistungsaustausch zwischen den gekuppelten Netzen. Seine Kathodendrosseln dienen nicht zur Zwischenumformung des Stromes in Gleichstrom, die das Kennzeichen des mittelbaren Umrichters bildet; sie führen vielmehr zwischen Null und dem Scheitelwert des Einphasenstromes pulsierenden Gleichstrom und sind dazu bestimmt, den Ausgleichstrom zu unterdrücken.

Die verschiedenartige Bemessung der Kathodendrossel genügt, um trotz gleicher Grundschaltung die Arbeitsweise völlig zu verändern. Die unendlich große Kathodendrossel des mittelbaren Umrichters erzeugt im Zwischenkreis den reinen Gleichstromverlauf und damit die Voraussetzung zum Wechselrichten in Einphasenstrom beliebig regelbarer Frequenz. Diesem Gewinn steht nicht nur der Verzicht auf die Blindleistungsübertragung gegenüber, sondern gleichzeitig der Verzicht auf die Selbstführung, deren Bedeutung der Verfasser offenbar unterschätzt hat. Diese Einstellung erklärt wohl die Unterbewertung, die der Wiesenthal-Umrichter im Vergleich zum mittelbaren Umrichter mit Gleichstrom-Zwischenkreis erfährt. Die Betriebsbedingungen in Wiesenthal erforderten, wie es in der Regel der Fall sein wird, selbstgeführte Umrichter, wollte man nicht besondere Führermaschinen in einer der Einphasen-Scheinleistung angenäherten Größe mitlaufen lassen. Den Vorschlag des Verfassers, statt dessen regelbare Schwingkreise und Kondensatoren zu verwenden, halten wir bei Alleinversorgung durch Umrichter unter den üblichen Lastverhältnissen des Fernbahnbetriebes nach dem heutigen Stand der Technik für schwer ausführbar und gefährlich.

Daß die Starrheit des Wiesenthal-Umrichters, wie der Verfasser meint, als ein schwerer grundsätzlicher Nachteil empfunden wurde, ist ein Irrtum. Der Umrichter und der umgebaute asynchrone Umformer sind absichtlich so reichlich bemessen, daß jede Einheit einzeln für die in absehbarer Zeit zu erwartende Spitzenlast ausreicht und jederzeit eine volle Reserve vorhanden ist. Das Parallelfahren kommt nur als Versuchsmöglichkeit in Betracht, um das Verhalten des Umrichters (nach Ergänzen der Steuerung) bei gleitender Arbeitsweise zu erproben. Die Wiesenthalbahn wird seit 1936, dem Übernahmejahr, regelmäßig durch den Umrichter betrieben, eine Tatsache, die gleichzeitig seine Überlegenheit gegenüber dem Maschinenumformer kennzeichnet.

Welchem Umrichtersystem die Zukunft gehört, hängt in erster Linie von der Entwicklung der öffentlichen Stromversorgung ab. Wird sie nach dem Vorbild der Reichsbahn verstaatlicht und ebenso einheitlich gegliedert, so besteht wohl kein Zweifel, daß man sich für das einfachste und billigste Verfahren, nämlich den starren unmittelbaren Umrichter, entscheiden wird[1]).

Im zweiten Teil der Arbeit vergleicht der Verfasser die Vor- und Nachteile des mittelbaren Umrichters mit denen eines gleitenden Maschinenumformers; er legt dabei entsprechend amerikanischen Verhältnissen Einheitssätze von 5000 kW ($\cos \varphi_{II} = 0,7$) und eine Periodenübersetzung von 60 auf 25 Hz zugrunde. Wie aus Bild 1 a hervorgeht, beträgt der Spannungsabfall des Umrichters zwischen Leerlauf und Vollast rd. 12% statt etwa 2% beim Umformer. Dieser Unterschied läßt sich aber durch Gitterregelung ausgleichen. Gegenüber dem synchron angetriebenen Periodenumformer ist der Umrichter insofern im Vorteil, als seine Spannungshaltung weder durch Frequenzschwankungen noch durch Änderungen in der gegenseitigen Phasenlage der beiden Netze berührt wird. Besonders bemerkenswert sind, wie Bild 1 b zeigt, die hohen Wirkungsgrade des Umrichters, die bei Vollast und Halblast den Umformer um rd. 10% bzw. 16% übertreffen und angenähert wie die Wirkungsgradkennlinie eines stationären Umspanners verlaufen. Bei dem niedrigen Lastgrad der Fernbahnversorgung errechnet der Verfasser einen mittleren Wirkungsgrad-Unterschied von rd. 15%.



1 Umrichter
2 gleitender Periodenumformer
3 Transformator

Bild 1. Kennlinienvergleich für Spannungsregelung (a) und Wirkungsgrad (b) mit Einheiten von 5000 kW Nennleistung.

Der Vergleich der Leistungsfaktoren erscheint uns unzutreffend. Der Verfasser stellt dem zu 0,95 angegebenen primären Leistungsfaktor des mittelbaren Umrichters den Wert 0,6 des Wiesenthal-Umrichters gegenüber. Diese Größen sind nicht ohne weiteres miteinander vergleichbar. Der Wiesenthalwert umfaßt gleichzeitig den Einfluß der sekundären Blind- und Verzerrungsleistung bei $\cos \varphi_{II} = 0,7$. Zu deren Kompensation sind im Fall des mittelbaren Umrichters mit (unterdrücktem) Gleichstromzwischenkreis besondere Aufwendungen an Kondensatoren, Drosseln oder Maschinen erforderlich, wobei die niedrige Periodenzahl noch verteuernd wirkt. Der allein maßgebende Vergleich der Gesamtaufwendungen an primären und sekundären Kompensationsmitteln bei gleichen Netzverhältnissen ergibt ein wesentlich anderes Bild, abgesehen davon, daß mittelbare Umrichter eigene Führermaschinen erfordern, wenn sie, wie im Fall Wiesenthal, allein das Bahnnetz mit Strom versorgen.

Gegenüber dem Periodenumformer werden folgende Vorzüge des Umrichters hervorgehoben: die Kurzschlußabschaltung mit Hilfe der Gittersteuerung, die bequeme Anpassung an die Fahrdraht- und Fernleitungsspannung des Einphasennetzes, der geringe Platzbedarf, die Ersparnisse an Fundament- und Baukosten sowie die hohe Stabilität gegenüber Laststößen und Änderungen der Periodenübersetzung. Als nachteilig werden die Rückwirkung der Umrichter auf die Strom- und Spannungskurve der Netze und die dadurch verursachten Störungen im Fernsprechnetz erwähnt; sie bedingen u. U. den Einbau von kostspieligen Kompensationseinrichtungen. Der Verfasser rechnet jedoch mit der Möglichkeit, bei ausgedehnten Fernbahnnetzen und vielen parallel arbeitenden Umrichtern die Phasenschwenkung mit dem gleichen Erfolg wie in großen Gleichrichteranlagen anzuwenden und dadurch in Zukunft den Einbau besonderer Entstörungseinrichtungen zu ersparen.

R. Tr.

[1]) Elektr. Bahnen 13 (1937) S. 228.

Elektrische Maschinen

DK 621.313.1 : 629.123.2

Elektrische Kupplungen. [Nach M. R. Lory, L. A. Kilgore u. R. A. Baudry, Electr. Engng. 59 (1940) Transactions S. 423; 6 S., 6 B.]

Umgibt man den Läufer eines asynchronen Kurzschlußankermotors mit einem gleichstromerregten Polrad, ersetzt man also das Drehfeld durch das Polrad, so erhält man eine Anordnung, die als elektrische Kupplung oder Bremse wirken kann. Die Drehmoment-Schlupf-Kennlinie wird die vom Asynchronmotor her bekannte Form haben. Elektrische Schlupfkupplungen dieser Art für große Leistungen sind in den V. S. Amerika[1]) in erheblicher Zahl bei Schiffen mit Dieselgetriebeantrieb zwischen Dieselmotor und Getriebe eingebaut worden. Diese Anordnung bietet bei geringeren Kosten einen Teil der Vorteile des dieselelektrischen Antriebes[2]). Der Einbau der Kupplung dämpft alle vom Motor herrührenden Stöße und die normalen Drehmomentschwankungen des Diesels fast völlig, wodurch die Gefahr von Getriebeschwingungen vermindert wird. Die Kupplung schützt anderseits den Motor im Falle von Störungen, etwa bei festgefressenen Kolben, da das Kippmoment der Kupplung begrenzt ist (etwa 1,5 fach statisch und 2 fach bei Stößen). Durch einfaches Abschalten der Erregung kann die Kupplung in weniger als 1 s gelöst werden. Dadurch kann bei mehrmotorigen Antrieben ein Motor außer Betrieb genommen und mit den anderen weiter gefahren werden.

Die Möglichkeit, die Kupplung jederzeit leicht lösen und wiederherstellen zu können, erleichtert das Manöverieren des Schiffes. Bei Hafenmanövern wird man zweckmäßig einen Teil der Motoren vorwärts, den anderen Teil rückwärts fahren lassen. Je nach der gewünschten Drehrichtung der Schraube werden nun diese oder jene Motoren gekuppelt. Bei dem Gewaltmanöver „Voll voraus" auf „Voll zurück", das das reine Dieselschiff nicht ausführen kann, wird man erst die Motoren entkuppeln, leer umsteuern und dann die Schraube mit den Schlupfkupplungen umsteuern. Die hierbei von der Kupplung verlangten Drehmomente bei hohem Schlupf können mit Stromverdrängungsläufern, etwa Doppelkäfigen, erreicht werden. Die Verluste werden je nach Größe der Kupplung zu 2 bis 5% angegeben, von denen die Hälfte in der Erregerwicklung, die andere Hälfte als Schlupf im Kurzschlußkäfig auftritt. *Pz.*

Fernmeldetechnik

DK 537.54.029.6 : 621.385

Zur Phasenfokussierung geradlinig bewegter Elektronenstrahlen. [Nach F. Borgnis und E. Ledinegg, Z. techn. Phys. 21 (1940) S. 256; 6 S., 10 B.]

In den Laufzeitröhren[3]), die eine Erzeugung ultrakurzer elektrischer Wellen hoher Energie gestatten, wird ein Strahl gleichschneller Elektronen durch ein hochfrequentes Wechselfeld in seiner Geschwindigkeit moduliert. Nach Durchlaufen einer bestimmten Wegstrecke bewirkt diese Geschwindigkeitssteuerung im Strahlverlauf eine Dichtemodulation. In der vorliegenden Arbeit wird eine kinematische Betrachtung dieses in Analogie zur Optik mit Phasenfokussierung benannten Vorganges gegeben. An Zeit-Weg-Diagrammen als Elektronenfahrplänen werden die Vorgänge des Ein- und Überholens der Elektronen erläutert. Dabei werden zunächst beliebige Formen der Steuerspannung angenommen, ferner in einem besonderen Teil der Arbeit der für die Praxis wichtige Fall einer sinusförmigen Steuerspannung. Unter der Voraussetzung kleiner Aussteuerungsgrade, d. i. das Verhältnis der Wechselspannungsamplitude zur Beschleunigungsspannung der Elektronen, werden die Bestimmungsgleichungen für die Phasenfokussierung erster und höherer Ordnung sowie der Wert für die Laufzeit zwischen Steuerblenden und dem Punkt stärkster Elektronenverdichtung angegeben. Der Ort dieses Punktes wird für sinusförmige Steuerspannungen als Funktion des Aussteuerungsgrades angegeben. Dabei zeigt sich, daß für den Aussteuerungsgrad 1 der Phasenfokussierungspunkt in die Linse, das steuernde Wechselfeld, hineinrückt. Die theoretische Bestimmung der Strahldichte ergibt ein zeitliches Schwanken im Fokus zwischen ∞ und der halben Gleichstromstrahldichte. Zum Schluß wird die phasenfokussierende Wirkung zweier hintereinander liegender Linsen untersucht. Dabei zeigt sich, daß sich für beliebig kleine sinusförmige Steuerspannungen durch eine solche Linsenkombination keine Phasenfokussierung höherer als zweiter Ordnung erreichen läßt. *Drg.*

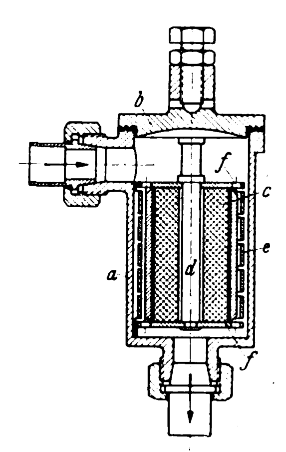
[1]) Neuerdings auch in Europa, Asea-J. (engl.) 17 (1940) S. 34.
[2]) Z. VDI 82 (1938) S. 985; Elektrotechn. u. Masch.-Bau 58 (1940) S. 82.
[3]) Siehe auch H. Döring und L. Mayer, ETZ 61 (1940) S. 685 u. 713.

Werkstatt und Baustoffe

DK 621.318.3 : 628.337

Magnetisches Ölfilter. [Nach A. Thiele, Werkstattstechnik 34 (1940) S. 358; 2 S., 4 B.]

Die Aufgabe des magnetischen Ölfilters (Bild 2) ist das Entfernen magnetischer Fremdkörper im Öl, Schleifwasser oder anderen flüssigen Stoffen. Die zu reinigende Flüssigkeit wird durch das Leichtmetallgehäuse *a* geführt, das durch einen Deckel *b* mit Bügel und Knebelschraube verschlossen ist. In dem Flüssigkeitsweg befindet sich ein kräftiger, mit einem dünnen Rohr aus Nichteisenmetall überzogener Dauermagnet *c*, der oben und unten durch je eine eiserne Polplatte *f* abgeschlossen ist. Die Polplatten werden durch einen Messing-Nietbolzen *d* an den Magneten gepreßt. Das Ganze ist gut verzinnt. Um den Magnet herum ist ein verzinnter, axial in zwei Hälften geteilter Fangkorb in etwa 1,5 mm Abstand vom Magneten und etwa 2 mm Abstand von der Gehäusewandung angeordnet. Jede Fangkorbhälfte besteht aus fünf halbkreisförmigen Flacheisenstäben *e*, die mit Zwischenräumen auf Messingstützen angeordnet sind. Durch den Kraftlinienverlauf von einer Polplatte über die einzelnen Ringteile des Fangkorbes zur anderen Polplatte entstehen in den Zwischenräumen des Fangkorbes starke magnetische Felder. Die zu reinigende Flüssigkeit wird durch einen in den Polplatten angeordneten Lochkranz verteilt und strömt in einem dünnen Film an dem inneren und äußeren Umfang des Fangkorbes entlang, so daß durch die starken magnetischen Felder in den Spalten des Fangkorbes alle magnetischen Verschmutzungen erfaßt und festgehalten werden. Im Verlauf des Reinigungsvorganges füllen sich die Spalten des Fangkorbes nacheinander. Ein Verstopfen des gesättigten Filters kann nicht eintreten, weil die Fremdkörper sich zwischen den Ringen des Fangkorbes, also außerhalb des Flüssigkeitsweges ablagern. Das Reinigen des Filters ist leicht durchzuführen. Die Fangkapazität schwankt zwischen 5000 und 11 000 mg und hängt von der Zähigkeit der zu reinigenden Flüssigkeit, der Strömungsgeschwindigkeit und der Kleinheit der Fremdkörper ab. Filter bis zu einem Rohrleitungsdruck von 5 atü und für eine Aufnahme bis zu 250 g Eisen bei einer Durchflußmenge von 1700 l/h sind entwickelt. Gegebenenfalls können verschiedene Filter parallel eingebaut werden. Das magnetische Ölfilter hat sich für Werkzeugmaschinen, Getriebe, Turbinen, Verbrennungskraftmaschinen u. a. gut bewährt. *E. U.*



a Leichtmetallgehäuse, *b* Bügeldeckel, *c* Dauermagnet, *d* Nietbolzen, *e* Fangkorb, *f* Polplatten

Bild 2. Schnitt durch das magnetische Ölfilter.

AUS LETZTER ZEIT

Bezeichnung „das Schütz"

Ein Schalter, der durch elektromagnetische Wirkung geschaltet und in seiner Betriebsstellung gehalten wird, ist nach VDE 0650/1933 „Regeln für die Bewertung und Prüfung von Anlassern und Steuergeräten" § 4 c) als Schütz zu bezeichnen. An der gleichen Stelle ist angegeben, daß die Bezeichnung „das Schütz" bzw. „das Hilfsschütz" lautet. In § 6 e) der gleichen Regeln ist als zusammengesetztes Wort der Begriff „Schützensteuerung" erklärt. Neuerdings wurde von einigen Stellen, denen die dort getroffenen Festlegungen und die Übernahme dieses Wortes aus dem Wasserbau nicht bekannt waren, angegeben, es müsse „der Schütz" oder „die Schütze" heißen. Um die dadurch entstehenden Unklarheiten zu beseitigen, hat das Reichsministerium des Innern am 25. 2. 1941 eine Entscheidung getroffen, die die oben genannten Festlegungen in den VDE-Regeln als maßgebend anerkennt[1]).

[1]) Z. VDI 85 (1941) S. 305.



VERSCHIEDENES

BEKANNTMACHUNGEN

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker (Eingetragener Verein)

Fernsprecher: 30 06 31 — Postscheckkonto: Berlin 213 12
Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00
Postscheckkonto der ETZ-Verlag GmbH.: Berlin 223 84

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker



Änderung genehmigter Erzeugnisse

Zur Vermeidung von Mißverständnissen bzw. Irrtümern weisen wir alle Inhaber von Genehmigungen zur Führung eines der Verbandszeichen des VDE noch einmal ausdrücklich auf § 5,5 der Prüfordnung der VDE-Prüfstelle hin. Dieser lautet:

„Für jede Änderung an genehmigten Gegenständen, sei es in bezug auf Werkstoff, Abmessungen, Aufbau oder dgl., hat der Inhaber einer Zeichengenehmigung vorher die Genehmigung der Prüfstelle einzuholen."

Prüfstelle des Verbandes deutscher Elektrotechniker
Dall

Bezirk Berlin
vormals Elektrotechnischer Verein
(Gegründet 1879)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 I, VDE-Haus
Fernsprecher: 30 06 31

Arbeitsgemeinschaften (Technischer Nachwuchs)

Die Teilnahme ist frei. VDE-Mitgliedschaft ist nicht Bedingung.

Elektromaschinenbau. Leiter: Ingenieur K. Bätz VDE.
19. Mai 1941, 18^{00}, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. Vortragsreihe: Sonderfragen des Elektromaschinenbaues. „Die Kupplung elektrischer Maschinen mit Antrieb- bzw. Arbeitsmaschinen". Vortragender: Ingenieur E. Grunwald.

Installationstechnik. Leiter: Dipl.-Ing. R. Schamberger.
20. Mai 1941, 18^{00}, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. Ausspracheabend.

Elektrotechnisches Rechnen: Leiter: Dr.-Ing. L. Mirow VDE.
21. Mai 1941, 18^{00}, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. „Geometrische Örter und einfache Ortskurventheorie. (Anwendungen)". Dr.-Ing. K. Zimmermann VDE.

Hochspannungstechnik. Stellv. Leiter: Dipl.-Ing. Fr. Schultheiss VDE.
23. Mai 1941, 18^{00}, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. „Schutz von Hochspannungsanlagen gegen atmosphärische Überspannungen" (mit 2 Filmen). Vortragender: Dr. W. Rabus VDE.

VDE Bezirk Berlin
vormals Elektrotechnischer Verein
Der Geschäftsführer
Burghoff

Sitzungskalender

VDE Bezirk Hansa, Hamburg. 21. 5. (Mi), 17^{30}, Ingenieurschule: „Der Elektro-Industrieofen in seinen neuesten Formen". Dipl.-Ing. Jabbusch VDE (m. Lichtb.).

VDE Bezirk Kurhessen, Kassel, gemeinsam mit VDCh und VDI. 16. 5. (Fr), 20^{00}, Hess. Landesmuseum: „Korrosion und Oberflächenschutz von Leichtmetallen". Dr.-Ing. Nachtigall. — 20. 5. (Di), 20^{00}, Hess. Landesmuseum, Adolf-Hitler-Pl. 5: „Fernsteuerung im Schalterbau" (m. Lichtb.). Dr.-Ing. L. Schmitz VDE. Anschließend Film „VDE-Tagung 1939 in Wien".

VDE Bezirk Magdeburg-Anhalt, gemeinsam mit DLTG. 20. 5. (Di), 19^{00}, Staatl. Ingenieurschule: „Die Ultraviolett-Strahlung, ihre Wirkung auf den Menschen und ihre Anwendung in der Technik". Dr.-Ing. habil. R. Schulze.

VDE Bezirk Moselland, Trier. 17. 5. (Sa), 20^{00}, Hotel „Porta Nigra": Jahreshauptversammlung.

PERSÖNLICHES

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten)

W. Ohnesorge. — Der Herr Reichspostminister Dr.-Ing. E. h. W. Ohnesorge VDE wurde am Nationalen Feiertag des deutschen Volkes als der Schöpfer vollendeter Nachrichtenmittel vom Führer zum „Pionier der Arbeit" ernannt.

K. Krüger. — Herrn Dr. phil. Kurt Krüger ist unter Ernennung zum ord. Professor der Lehrstuhl für Luftfahrtmeßtechnik an der Luftkriegsakademie, Berlin, übertragen worden. Nach Beendigung seiner Studien in Berlin und Würzburg war Krüger zunächst 4 Jahre Assistent bei Geheimrat Zenneck und gehörte dann von 1926 bis 1937 der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt an, wo er zahlreiche Arbeiten über Wellenausbreitung, aus der Akustik und Meßtechnik durchführte. Seit 1937 war Prof. Krüger im Reichsluftfahrtministerium tätig.

W. Rogowski. — Am 7. Mai beging Herr Professor Dr.-Ing. E. h. Dr.-Ing. Walter Rogowski VDE seinen 60. Geburtstag. Mit dem Namen des in der Fachwelt weit über die Grenzen Deutschlands hinaus bekannten Forschers und Lehrers ist eine große Anzahl bedeutender Erfindungen und



W. Rogowski

epochemachender wissenschaftlicher Arbeiten verbunden. Aus der Frühzeit seiner Forschertätigkeit sei neben Arbeiten über die Probleme der magnetischen Streuung der von ihm angegebene magnetische Spannungsmesser erwähnt. Nach grundlegenden theoretischen Untersuchungen über Wanderwellenvorgänge auf Spulen und Leitungen schuf Rogowski mit seinen Mitarbeitern aus der Braunschen Röhre den Hochleistungs-Kathodenstrahl-Oszillographen, um so experimentell der Lösung dieser Probleme näher zu kommen. In jahrelanger unermüdlicher Arbeit konnte er seine Konstruktion so weit vervollkommnen, daß es ihm 1925 erstmalig gelang, einmalige elektrische Vorgänge, die sich in der kurzen Zeit von einer Milliardestel Sekunde abspielen, nicht nur sichtbar zu machen, sondern auch auf der photographischen Platte festzuhalten. Wenn heute der Kathodenstrahl-Oszillograph in Hochspannungsprüffeldern und Laboratorien ein fast unentbehr-

liches Meßgerät geworden ist, so ist das mit in erster Linie Rogowskis zäher Entwicklungsarbeit an diesem verwickelten Apparat zu verdanken. Im letzten Jahrzehnt beschäftigte sich Rogowski mit Untersuchungen über den elektrischen Durchschlag und die Theorie der Gasentladungen. Auch seine bedeutenden und grundlegenden Arbeiten auf diesem Gebiete sind nicht mehr zu übergehende Bestandteile des Fachschrifttums und Richtpunkte für den auf diesem Gebiete tätigen Wissenschaftler und Ingenieur.

Rogowskis Anregung entstammt das „Archiv für Elektrotechnik", das er selbst als Schriftleiter in langen Jahren zu einem der Hauptsammelpunkte aller Arbeiten auf dem Gebiete der theoretischen Elektrotechnik machen konnte. Seine bedeutendsten Arbeiten sind in den Heften des Archivs veröffentlicht worden.

Als Hochschullehrer vermittelt Rogowski mit einzigartiger Klarheit seinen Schülern das Wesentliche seines großen Lehrgebietes und gibt ihnen eine Ausbildung, deren Schwergewicht auf der experimentellen, daneben aber auch der theoretischen Arbeit des einzelnen liegt und damit ein umfassendes Rüstzeug für ihre Ingenieurlaufbahn wird. Das von ihm in großzügiger Planung geschaffene Elektrotechnische Institut der Technischen Hochschule Aachen ist als mustergültige Lehr- und Forschungsstätte bekannt. In Anerkennung seiner Verdienste verlieh die Technische Hochschule Darmstadt Herrn Professor Rogowski die Würde des Ehrendoktors, der Verband Deutscher Elektrotechniker ernannte ihn zu seinem Ehrenmitglied. Zum Eintritt in das siebente Dezennium grüßen heute seine Fachgenossen den bedeutenden Forscher, seine Schüler aber auch dankbar ihren Lehrer mit den besten Wünschen für sein persönliches Wohlergehen und in dem festen Glauben, daß seinem reichen Forschergeiste noch lange Jahre unversiegenden Schaffensdranges gegeben sein mögen. Hans Boekels VDE

Hochschulnachrichten. — Der Referent beim Reichsamt für Wirtschaftsausbau und im Reichswirtschaftsministerium Dr.-Ing. Alfred Buch in Berlin ist für die Dauer seiner Zugehörigkeit zum Lehrkörper einer deutschen wissenschaftlichen Hochschule zum Honorarprofessor ernannt worden.

BUCHBESPRECHUNGEN

DK 621.396

Grundlagen und mathematische Hilfsmittel der Hochfrequenztechnik. Bearb. v. H. G. Möller (Lehrbuch der drahtlosen Nachrichtentechnik, herausgeg. v. N. v. Korschenewsky und W. T. Runge, Bd. I). Mit 353 Textbildern, XIV u. 293 S. im Format 176 × 250 mm. Verlag von Julius Springer, Berlin 1940. Preis geh. 27 RM, geb. 28,80 RM.

Der vorliegende Band ist der erste des Lehrbuchs der drahtlosen Nachrichtentechnik, herausgegeben von N. v. Korschenewsky und W. T. Runge. Die weiteren Bände behandeln die Ausstrahlung und Ausbreitung, die Elektronenröhren, die Verstärker und Empfänger, die Sender und endlich die Fernsehtechnik, von denen allerdings seither nur der zweite Band erschienen ist. Der Stoff des ersten Bandes ist ziemlich willkürlich ausgewählt und in drei Abschnitte eingeteilt: Der Schwingungskreis, die Elektronenröhren und endlich die Ausbreitung. Der Verfasser sagt in seinem Vorwort, daß er einen kurzen Überblick über die verschiedenen Gebiete gegeben habe, die in dem Gesamtwerk behandelt werden. Es ist selbstverständlich grundsätzlich sehr schwer, den Stoff zwischen einem solchen einleitenden Band und den folgenden Bänden zweckmäßig einzuteilen, vor allem Wiederholungen zu vermeiden. In dem Abschnitt III über Wellenausbreitung, verglichen mit dem Band II über Strahlung und Ausbreitung, ist dies gelungen. Sehr wertvoll ist der Anhang, der die Grundlagen aus dem Gebiet der Elektrizitätslehre, der Vektorrechnung und der Behandlung von Schwingungsaufgaben mit komplexen Amplituden bringt. In manchen Kapiteln ist der Zusammenhang mit der drahtlosen Nachrichtentechnik allerdings ein loser.

Der Leser des Buches wird eine Fülle von interessanten Kapiteln finden, wenn er sich auch an die Anordnung des Stoffes erst gewöhnen muß. Als Beispiel heben wir das Kapitel über Rohrwellen, das im Rahmen der Ausbreitung behandelt wird, hervor. Dem Buch ist eine weite Verbreitung zu wünschen. H. Faßbender VDE

DK 621.3.025 : 516

Einführung in die symbolische Methode der Wechselstromtechnik. Von Prof. Dr. Otto Müller. 2. verbesserte u. erw. Aufl. Mit 26 Bildern i. Text u. 132 S. im Format 148 × 210 mm. Verlag von Dr. Max Jänecke, Leipzig 1940. Preis kart. 4,80 RM.

Das vorliegende Buch wendet sich in erster Linie an den Anfänger und soll als Vorstufe für das Studium anderer einschlägiger Werke dienen. Auf Grund seiner langjährigen unterrichtlichen Erfahrungen hat sich der Verfasser zum Ziel gesetzt, nur die Grundelemente der symbolischen Methode zu bringen, diese dafür aber sehr ausführlich.

Ausgehend von der graphischen Darstellung der Wechselstromgrößen geht der Verfasser über das Zeigerschaubild zur symbolischen Methode über. Anschließend wird die Darstellung der komplexen Zahl in ihren Hauptformen gegeben sowie die Rechenregeln der komplexen Zahlen. Besonders anschaulich wird hierbei der Übergang von der gewöhnlichen Rechenweise mit den Augenblickswerten der Wechselstromgrößen zu der symbolischen Rechenweise und umgekehrt gezeigt. Es werden dann die Grundgesetze der Wechselstromtechnik in komplexer Darstellung gebracht. Zum besseren Verständnis des behandelten Stoffes folgen einige Anwendungen der symbolischen Methode und Rechenbeispiele. Den Schluß bildet eine Zusammenstellung der wichtigsten Formeln.

Die Form der Darstellung ist so gewählt, daß wohl jeder Leser mit Interesse den Darlegungen folgt. L. Mirow VDE

DK 538–535

Grimsehls Lehrbuch der Physik. Neubearb. v. Prof. Dr. R. Tomaschek. 9. Aufl. Bd. 2: Elektromagnetisches Feld/Optik. Mit 1209 B. i. Text u. einer farb. Tafel, X u. 867 S. im Format 160 × 226 mm. Verlag von B. G. Teubner, Leipzig 1940. Preis geb. 26 RM.

Das von Tomaschek völlig neu bearbeitete Grimsehlsche Lehrbuch der Physik erfreut sich einer außerordentlichen Beliebtheit, wie die rasche Folge der Auflagen zeigt. Der jetzt in 9. Auflage vorliegende zweite Band, der die Lehre vom elektromagnetischen Feld und die Optik umfaßt, ist in seiner allgemeinen Anlage unverändert geblieben; es kann hier auf die ausführliche Besprechung früherer Auflagen verwiesen werden[1]). Im einzelnen spürt man aber an vielen Verbesserungen die unermüdliche Arbeit des Verfassers, die das Werk immer auf der Höhe der Forschung hält. Neu aufgenommen wurde die Darstellung der Wirkung der Dielektrizitätskonstante auf die Umgebung, eine Abbildung des Zyklotrons, die Spannungsstabilisierung durch Glimmlampen, die Quecksilberhochdrucklampe, der Kaskadengenerator und das elektrische Übermikroskop. Die Abschnitte über die Eigenschaften starker Elektrolyte und über Ferromagnetismus wurden vollkommen umgearbeitet. Der Verlag hat dafür gesorgt, daß die äußere Ausstattung des Buches seinem inneren Werte entspricht. W. Bauer

EINGÄNGE

(Ausführliche Besprechung vorbehalten.)

Bücher

Aktuelle Fragen des Rechnungswesens in der Industrie. Von Dipl.-Ing. Dr. A. Grimminger. Mit 13. B., IV u. 105 S. im Format C 5. Verlag G. A. Gloeckner, Leipzig 1941. Preis kart. 5.20. RM.

1) ETZ 60 (1939) S. 119.

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Geh. Hofrat Prof. Dr.-Ing. E. h. H. Görges VDE, Dresden-A. 24, Bernhardtstr. 96

Dipl.-Ing. Hans Neumann VDE, Berlin W 50, Nürnberger Str. 22

Ing. L. Sengewitz VDE, Kiel-Hassee, Stadtrade 10

Abschluß des Heftes: 9. Mai 1941

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE (z. Z. im Felde)
G. H. Winkler VDE (z. Z. im Felde)
H. Hasse VDE und R. Henrichs VDE

Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.



Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

62. Jahrgang **Berlin, 22. Mai 1941** **Heft 21**

Das Kunstlicht im Innenraum

Von **W. Arndt**, Berlin

DK 628.972.6+.7

Übersicht. Die Güte der Beleuchtung kann mit physikalisch-technischen Verfahren allein nicht vollständig bewertet werden. Vielseitige, nicht immer gleichartige und gleichgewichtige, stimmungsmäßige und ästhetisch bedingte Forderungen des Menschen sind bei der Beleuchtungsbewertung zu berücksichtigen. Gütemerkmale werden hier an Beispielen künstlicher Beleuchtung in Arbeitsstätten und im Heim erläutert.

Einleitung

Die Lichttechnik kann, besonders in jenem Teilgebiet, das sich mit der richtigen Anwendung des Lichtes befaßt, nicht allein auf physikalischer Grundlage aufbauen; sie muß ebenso die Physiologie des menschlichen Gesichtssinnes berücksichtigen. Bekanntlich sind schon die lichttechnischen Grundgrößen und Maße physiologisch insofern ausgerichtet, als die spektrale Empfindlichkeit des menschlichen Auges in diese Größen eingegangen ist. Darüber hinaus muß aber auch psychischen, stimmungsmäßigen und sogar geistig bedingten, z. B. ästhetischen Forderungen Rechnung getragen werden. Erst von solcher menschenkundlichen Grundlage aus kann der Lichttechniker seine Aufgaben richtig lösen. Diese Entwicklung der Lichttechnik zu einem umfassenden und besonderen Wissensgebiet ist auch in dieser Zeitschrift in ihren einzelnen Entwicklungsstufen jeweils eingehend gewürdigt worden[1]). Die hierbei auftretenden vielseitigen Probleme sollen im folgenden an der künstlichen Innenraumbeleuchtung gezeigt werden.

1. Allgemeines über das Licht im Innenraum

a. Tageslicht als Hauptlichtquelle

Man muß von den menschenkundlichen Bedingtheiten ausgehen, wenn man das Wesen und die Möglichkeiten der Beleuchtungstechnik voll erfassen und richtig beherrschen will. Im Rahmen einer Betrachtung über das Kunstlicht im Innenraum darf sogar die natürliche Raumbeleuchtung durch Tageslicht nicht unberücksichtigt bleiben, wenn diese Betrachtung nicht einseitig und daher unvollständig bleiben soll.

Der Mensch ist ein Tageswesen; das natürliche Tageslicht wird daher in unseren Innenräumen als Hauptlichtquelle gelten müssen. Wo und solange nur irgend angängig, suchen wir stets das Tageslicht in unseren Räumen auszunutzen. Man könnte das für selbstverständlich halten, weil das Tageslicht die billigste Lichtquelle zu sein scheint. Das ist aber nicht der Fall; meistens würde sich eine ausschließlich künstliche Beleuchtung der Innenräume nachweislich sogar billiger stellen. Trotzdem muß dringend davon abgeraten werden, den Innenräumen die Zufuhr natürlichen Tageslichtes abzuschneiden. Obwohl sich eine ausschließliche Kunstbeleuchtungsanlage in einem Gebäude meist wirtschaftlicher erstellen ließe, kann nämlich aus psychologischen Erwägungen nicht auf das natürliche Tageslicht verzichtet werden.

b. Stimmungseinflüsse des Lichtes

Licht ist ein wichtiger Stimmungsfaktor. Das gilt nicht nur für die Beleuchtung eines Festsaales oder für die des Heimes, sondern auch für die Werkstatt und das Büro. Gerade in Arbeitsstätten muß ein vollständiger und dauernder Ersatz des natürlichen Tageslichtes durch Kunstlicht die Stimmung und die Arbeitsfreude des schaffenden Tagesmenschen und damit auch seine Arbeitsleistung selbst beeinträchtigen. Das gilt auch dann noch, wenn die künstliche Beleuchtung der natürlichen Tagesbeleuchtung nicht allein wirtschaftlich, sondern auch physiologisch, also hinsichtlich der Gewährleistung bester Sehbedingungen, überlegen ist. Die physiologisch günstigeren Möglichkeiten der künstlichen Beleuchtung sollen zunächst an einem einfachen, aber kennzeichnenden Beispiel erläutert werden.

2. Merkmale einer guten künstlichen Arbeitsbeleuchtung

a. Beleuchtungsstärke und Gleichmäßigkeit der Beleuchtung

Im Gegensatz zur Tagesbeleuchtung durch Fenster in einer Raumwand besteht bei einer künstlichen Beleuchtung die Möglichkeit, das Licht im Raum gleichmäßiger zu verteilen. Bei der üblichen Anordnung des Beleuchtungskörpers in Raummitte ergibt sich z. B. eine Verteilung der Horizontal-Beleuchtungsstärke, die als ein wichtiges Bewertungskennzeichen anzusehen ist, wie Bild 1 im Vergleich zum Verlauf der Tagesbeleuchtung andeutet. Schon we-

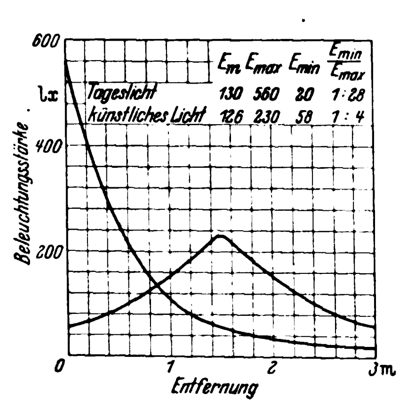


Bild 1. Übliche Verteilung der Kunst- und der Tagesbeleuchtung in einem einseitig befensterten Raum in der Raummittenachse.

1) J. Teichmüller, ETZ 49 (1928) S. 493; L. Schneider, ETZ 49 (1928) S. 1173; J. Schaer, ETZ 56 (1935) S. 1166; W. Kircher, ETZ 56 (1935) S. 1173.

gen dieser gleichmäßigeren Beleuchtung aller Raumplätze könnte man diese gebräuchliche Kunstlichtanordnung für die zweckmäßigste halten. Auf die Beleuchtungsgüte üben jedoch noch viele andere Gesichtspunkte ihren Einfluß aus.

b. Blendungsfreiheit, Lichtrichtung und andere Eigenschaften

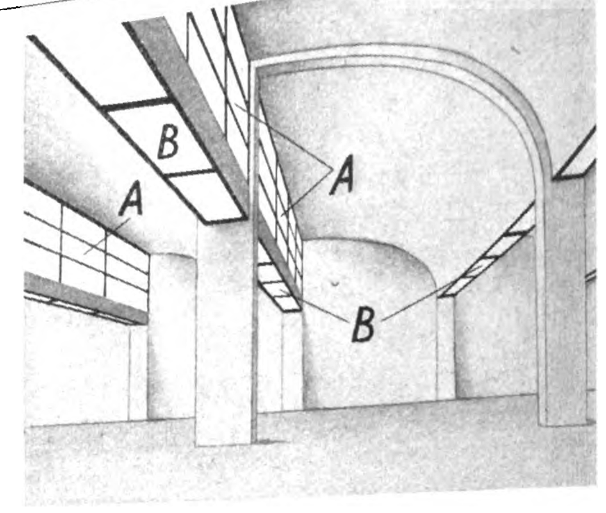
Wesentliche Merkmale einer guten Beleuchtung[2]) sind nicht nur eine ausreichende Beleuchtungsstärke und eine genügende Gleichmäßigkeit der Beleuchtung, sondern auch weitestgehendes Vermeiden von Blendungserscheinungen, richtige Schattigkeit und Lichtrichtung und eine erwünschte, möglichst weiße Lichtfarbe. So kann beispielsweise auch hinsichtlich der Blendungsvermeidung sich häufig die künstliche Beleuchtung günstiger stellen als die natürliche durch Fenster; denn gegen die Fensterwand gesehen verursachen die in gerader Blickrichtung liegenden hellen Fensterflächen unvermeidlich Blendung, während eine Kunstlichtquelle bei Anordnung unweit der Raumdecke in Raummitte, wie in Bild 1 angenommen ist, den normalen waagerechten Blickrichtungen besser entzogen ist. Am häufigsten entsteht aber Blendung durch zu starke Kontraste von Leuchtdichten, etwa durch hohe Leuchtdichten der Lichtquellen selbst, z. B. am Fenster, die neben den weit geringeren Leuchtdichten des sonstigen Blickfeldes wahrgenommen werden.

Hinsichtlich der Beleuchtungsstärke, der Gleichmäßigkeit der Beleuchtung und der Entblendung der Beleuchtungsanlage zeigt sich in dem hier betrachteten Beispiel die Kunstbeleuchtung vorteilhafter als die natürliche Tagesbeleuchtung. Nur in folgendem Gesichtspunkt besteht eine Ausnahme. Wenn nämlich, wie schon oben gesagt, das Tageslicht als Hauptlichtquelle zu gelten hat, dann sind die einzelnen Plätze in Arbeitsstätten jeglicher Art nach dieser Hauptlichtquelle geordnet und ausgerichtet. Ausschließlich die Beleuchtung von Arbeitsräumen soll hier aber zunächst behandelt werden. Jedes Ersatzlicht, das erst bei mangelndem Tageslicht in Betrieb genommen wird, sollte der Hauptlichtquelle entsprechend angeordnet sein. Bei der in Bild 1 angedeuteten künstlichen Beleuchtung haben z. B. alle Plätze zwischen Fenster und der in der Raummitte befindlichen Kunstlichtquelle den Lichteinfall genau von entgegengesetzter Seite wie beim Tageslicht. An allen diesen Plätzen ist also die

[2]) DIN 5035 „Leitsätze für die Beleuchtung mit künstlichem Licht".



Bild 2. Beleuchteter Zeichensaal mit Lichtrichtung bei Kunstlicht ähnlich wie bei Tageslicht durch Lampen in Fensternähe.



A Oberlichter B Großflächenleuchten

Bild 3. Oberlicht-Werkhalle mit großflächiger Kunstbeleuchtung.

Beleuchtung anders, hinsichtlich der Lichtrichtung schlechter als bei Tage. Hier wäre eine Anordnung der Kunstlichtquellen nach der in Bild 2 gezeigten Art schon richtiger. Dies muß aber bereits beim Bau des Raumes vorgesehen sein, besonders wenn die fensternahe Lampenreihe stärker als die weitere Lampenreihe bestückt ist. Diese Lösung wird jedoch meist architektonisch und ästhetisch noch wenig befriedigen.

c. Allgemein- oder Platzbeleuchtung?

Das natürliche Tageslicht als Hauptlichtquelle, sowohl durch Fenster als auch durch Oberlichte in den Raum wirkend, liefert stets eine allgemeine Raumbeleuchtung. Der ganze Raum wird also bei Tageslicht aufgehellt, selbst wenn diese Raumaufhellung bei Fenstern in einer Seitenwand sehr unterschiedlich sein sollte. Bei künstlicher Beleuchtung wird häufig unterschieden zwischen einer Allgemeinbeleuchtung einerseits und einer Platzbeleuchtung anderseits. Die Unterschiede dieser beiden Arten dürften allgemein bekannt sein. Nun ist z. B. durch physiologische Untersuchungen der Kontrastempfindlichkeit — einer ganz elementaren Funktion des Sehens, nämlich der Fähigkeit, Unterschiede zu erkennen — ermittelt, daß eine bestimmte Allgemeinbeleuchtung die gleiche Unterschiedsempfindlichkeit hervorrufen kann wie eine bestimmte stärkere Platzbeleuchtung. Trotzdem es nach diesen Untersuchungen physiologisch oft angängig wäre, die Allgemeinbeleuchtung durch geeignete reine Platzbeleuchtung zu ersetzen, darf in Arbeitsräumen von dieser Möglichkeit doch kein Gebrauch gemacht werden, und zwar aus arbeitstechnischen Gründen, insbesondere aber auch aus psychologischen Erwägungen. Bei ausschließlicher Platzbeleuchtung wird nämlich in größeren Arbeitsgemeinschaftsräumen die Übersichtlichkeit stark gestört und der Unfallmöglichkeit Vorschub geleistet. Psychologisch wirkt aber eine Einzelplatzbeleuchtung stets isolierend; sie erzeugt zu leicht jene abendliche Mußestimmung, die den Menschen ergreift, wenn der Feierabend die Familie sozusagen „um des Lichts gesell'ge Flamme" lockt. Auf diesen Punkt wird daher noch bei der Heimbeleuchtung einzugehen sein.

Aus diesen Gründen kann eine reine Platzbeleuchtung in einem größeren Werkraum in Hinblick auf den Arbeitserfolg niemals wirtschaftlicher sein. Für den Arbeits-

erfolg ist gutes Licht als ein wichtiges Werkzeug von entscheidendem Einfluß, mithin eine Allgemeinbeleuchtung, wie sie auch am Tage, also in der eigentlichen Schaffenszeit des Menschen, herrscht, grundsätzlich anzustreben. Man braucht zwar insbesondere bei feinen Arbeiten keine reine Allgemeinbeleuchtung von sehr großer Stärke, sondern kann sich mit einer schwächeren, jedoch nicht zu stark kontrastierenden Allgemeinbeleuchtung begnügen, wenn zusätzliche Platzbeleuchtung gewählt wird. Arbeitspsychologisch wird aber stets die reine Allgemeinbeleuchtung überlegen sein. Ausschließliche Platzbeleuchtung in Werk- und Arbeitsräumen ist verfehlt.

3. Beispiele künstlicher Allgemeinbeleuchtung von Werkräumen

a. mit zerstreutem Raumlicht

Die übliche künstliche Allgemeinbeleuchtung ist meist noch recht wesensverschieden von der natürlichen Allgemeinbeleuchtung durch Tageslicht. Fast stets findet man in Werkräumen und Hallen oben an dunkler Decke mehr oder weniger tiefstrahlende Leuchten, die als punktähnlich wirkende Leuchtkörper ein hartes, schattenreiches Licht werfen, während bei Tage durch die großflächigen Oberlichtbänder oder durch die Fenster ein weiches, diffuses Licht einströmt. Leider werden tiefstrahlende Leuchten sogar häufig in solchen Werkräumen angewendet, in denen weiße Decken und weiße Wände als wirkungsvolle Raumbegrenzungsflächen beleuchtungstechnisch ungenutzt bleiben. Das ist ein großer Fehler; denn selbst wenn die Reflexionsfähigkeit der Decke und der Wände eines Raumes geringer sein sollte als die der gut reflektierenden Werkstoffe in den Leuchten, so sollte man doch durch entsprechende Lichtverteilung Decken- und Wandreflexion unmittelbar ausnutzen. Die Güte der Beleuchtung infolge des diffusen Raumlichtes von Wänden und Decke bei Verwenden allseitig strahlender Beleuchtungskörper (halbindirekte Leuchten) wird wesentlich besser als bei Ausrüsten des Raumes mit Schirmleuchten, selbst wenn diese eine höhere Beleuchtungsstärke am Boden erzeugen sollten. Arbeitsfreude und Arbeitsfähigkeit wird auch in einer nüchternen Werkhalle durch eine bessere künstliche Beleuchtung merklich gehoben.

b. durch Großflächenleuchten

Selbstverständlich läßt sich die halbindirekte Beleuchtung nicht in Werkhallen mit dunkler Decke, die vielleicht zum größeren Teil aus Oberlichten besteht, und bei dunklen Wänden benutzen. Dann helfen nur Großflächenleuchten, die aber diesen Namen auch wirklich verdienen, und die bei Abend ein ebenso oder doch annähernd so diffuses, weiches Licht liefern wie die großflächigen Tageslichtöffnungen. Ansätze auf diesem Wege sind zwar vorhanden, in größeren Werkhallen jedoch noch selten zu finden. In Bild 3 ist z. B. für eine Oberlichthalle, die nach neuzeitlichen Gesichtspunkten durch senkrecht stehende Lichtöffnungsflächen (A) im Sägedach gut mit Tageslicht versorgt ist, die Anordnung großflächiger Kunstleuchten (B) gezeigt, die überdies in die Deckeneinzüge eingebaut sind. Zusätzliches Anstrahlen der gewölbten Deckenflächen durch unterhalb der Fensterbänder angebrachte Leuchten würde die Beleuchtungswirkung noch verbessern. Häufig wird der Fehler begangen, daß Großflächenleuchten verhältnismäßig niedrig über den Arbeitsplätzen aufgehängt werden; oft ist dies in Setzereien der Fall. Stets geht dann dadurch der Charakter des betreffenden Raumes im Kunstlicht verloren; denn bei geringer Aufhängehöhe dieser Leuchten wird der untere Raumteil durchleuchtet, während die oberen Raumzonen dunkel bleiben. Auch die in Bild 3 angedeutete Lösung kann nur als eine Möglichkeit, nicht aber als allein wirksames Rezept angesehen werden. Eine

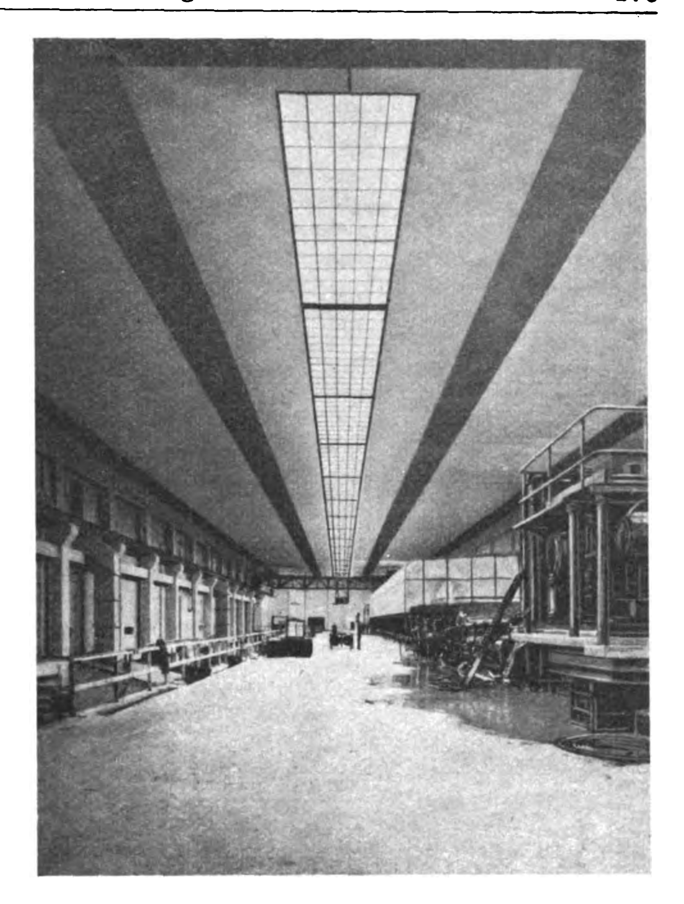


Bild 4. Montagehalle mit Tageslicht und Kunstlicht durch eine Oberlichtraupe.

gute Lösung zeigt Bild 4. Dort wirkt auch das Kunstlicht durch das Oberlichtband. Der Raum, den als solchen erst das Licht als unentbehrliches Ausdrucksmittel der Baukunst wahrnehmbar macht, behält hier bei Tage wie bei Kunstlicht gleichen Charakter.

c. mit Hilfe anderer Lichtquellen

Die den heutigen Stand des praktischen Beleuchtens von Arbeitsräumen kennzeichnenden Leuchtenarten umhüllen alle nur mehr oder weniger eng unsere Lichtquellen. Dieser Zustand muß noch überwunden werden; er ist zu stark allein von der Lichtquelle selbst diktiert. Die Lichterzeugungstechnik oder Leuchttechnik mußte insbesondere bei den Temperaturstrahlern, zu denen die Glühlampen zählen, zu immer kleineren, konzentrierten Lichtquellen führen, weil diese am wirtschaftlichsten sind. Der richtigen Anwendung dieser Lichtquellen, also dem Streben der Beleuchtungstechnik, steht diese Entwicklung jedoch genau entgegen; denn hier sind großflächige Lichtquellen aus den verschiedenen, teilweise erörterten Forderungen heraus erstrebenswert. In den neuen Leuchtstoffröhren wird schon eine günstigere Entwicklung mit Übergang von punktähnlichen Beleuchtungskörpern zu linienförmigen erkennbar. Daß bei dieser Entwicklung trotzdem auch in technisch-wirtschaftlicher Hinsicht große Fortschritte gemacht werden konnten, beweist Tafel 1 der Lichtausbeuten (lm/W) einiger neuzeitlicher Lichtquellen.

Tafel 1. Lichtausbeute neuzeitlicher Lichtquellen.

Lichtquelle	Lichtausbeute lm/W
Glühlampen	10 ... 20
Quecksilberdampflampen	40 ... 46
Hg-Mischlichtleuchten (Lichtstromverhältnis 1 : 1) . .	22
Leuchtstoffröhren mit Tageslichtfarbe	40

Der beleuchtungstechnische Vorzug solcher linienförmigen Leuchtstoffröhren, deren Farbe überdies mit der des diffusen Tageslichtes übereinstimmt, kann mit Bild 5 als Beispiel erläutert werden. In den Beispielen ist auch das Kunstlicht dem Charakter des Tageslichtes angepaßt, indem Leuchtstoffröhren nicht nur an je einer Seite der Deckenbalken angebracht sind und so eine einheitliche Lichtrichtung liefern, sondern indem auch ein Lichtband oberhalb der Fenster die Tageslichtrichtung betont. Beachtlich ist überdies, daß diese Beleuchtungskörper auch bei Tage keine störenden Fremdkörper im Raum sind (vgl. auch Bild 3 und 4).

4. Künstliche Heimbeleuchtung

Die vorstehenden Betrachtungen gelten für Arbeitsstätten, in denen bei Kunstlicht und bei natürlichem Tageslicht gleiche Arbeitsleistung gefordert werden muß. Wenn dabei schon keine allgemeingültigen Lösungen empfohlen werden können, so erst recht nicht auf dem Gebiet der Schmuckbeleuchtung, besonders auch bei der Heimbeleuchtung. Hierbei stehen nämlich alle schwierigen psychischen und geistigen Forderungen des Menschen in vorderster Reihe. Im abendlichen Heim nach getaner Arbeit verlangt der Mensch gar kein Tageslicht. Das Tagewerk ist vollbracht; Nacht und Ruhe winken. Daher wird die isolierende Platzlampe in gemütlicher Raumecke durchaus erwünscht sein. Eine anheimelnde Leselampe, allein im Raum, mag in uns unbewußt wieder das beruhigende Gefühl aufleben lassen, das unseren Urvätern die Flamme der Fackel an der Wand der schützenden Hütte brachte. Diese Fackel braucht aber nicht völlig nachgeahmt zu werden; die neuzeitlichen Mittel geben größere Möglichkeiten. Die Stehlampe oder ähnliches kann trotz aller Traulichkeit auch technisch gut und physiologisch einwandfrei sein, so daß ein Buch dabei auch ohne Augenschaden gelesen werden

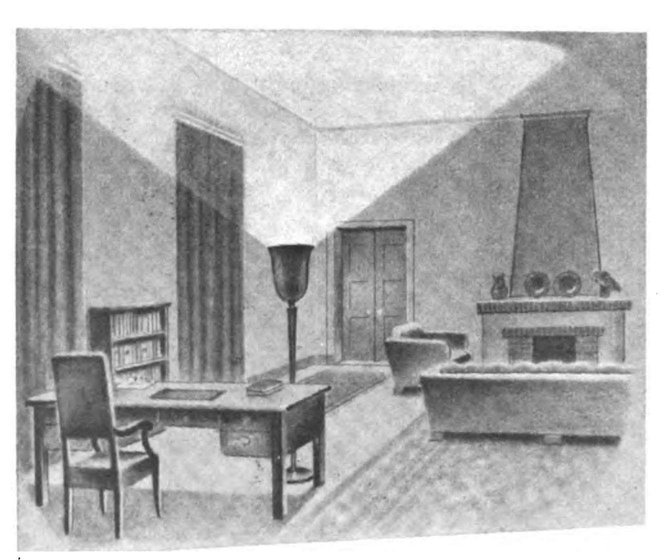
a



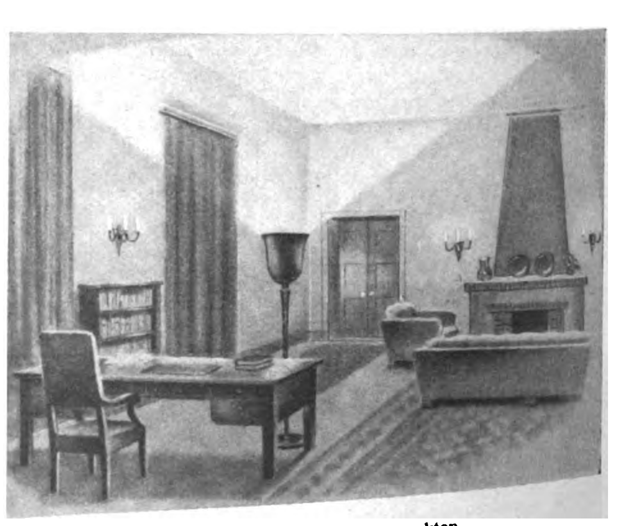
b



Bild 5a und b. Bürobeleuchtung durch Leuchtstoffröhren.



a nur indirekt beleuchtet



b mit zusätzlichen Lichtpunkten

Bild 6. Wohnhalle mit schematisierter Beleuchtung.

kann. Man kann ferner durch etwas Allgemeinbeleuchtung, die die Platzleuchte gewollt liefert, den Raum wenigstens so weit aufhellen, daß man nicht beim Verlassen des Platzes schon über den nächsten Stuhl stolpert.

Man kann die Wohnhalle (Bild 6) durch indirekte Beleuchtung gleichmäßig und stark erhellen. Diese abendliche Beleuchtung wirkt in diesem Raum aber kalt und sachlich-nüchtern. Ein paar zusätzliche Wandleuchter oder dgl., die — jedoch nur scheinbar — als sichtbare Lichtquellen den Raum allein aufhellen, geben ihm etwas innere Wärme. Diese Leuchten allein würden ihn aber schlecht beleuchten, weil sie nur eine recht ungleichmäßige Beleuchtung erzeugen können, insbesondere jedoch, weil diese etwa in Augenhöhe oder nur wenig darüber befindlichen Alleinleuchten eine grobe Blendung verursachen würden.

Zusammenfassung

An wenigen Beispielen der künstlichen Innenraumbeleuchtung wurde das Wesen der neuzeitlichen Beleuchtungstechnik angedeutet. Eine allgemeingültige starre Regel für die Lösung von Beleuchtungsaufgaben kann nicht gegeben werden, weil der Mensch seinen jeweiligen Umweltbedingungen gemäße, veränderliche Anforderungen an die Arbeitsbeleuchtung, die Heimbeleuchtung, bei Tage und bei künstlichem Licht stellt. Gerade dadurch aber, daß die Technik — besser gesagt — die Kunst des Beleuchtens den Menschen ganz, also physisch, psychisch und geistig in Betracht ziehen muß, wird die Arbeit des Lichttechnikers kulturell besonders wichtig.

Kompensationsgeräte in der Temperaturmeß- und Regeltechnik

Von **W. Hunsinger** VDE, Frankfurt a. M.

DK 621.317.733.3.083.5

Übersicht. Beim Herstellen und Weiterverarbeiten hochwertiger Werkstoffe werden teilweise hohe Anforderungen an die Genauigkeit von Temperaturmeß- und Regelgeräten gestellt; dadurch treten in letzter Zeit in thermoelektrischen Temperaturmeßanlagen die Kompensationsgeräte stark in den Vordergrund. Im folgenden wird ein Überblick über die wichtigsten Bauarten und deren Arbeitsgebiete gegeben.

1. Einleitung

Ein großer Teil der Temperaturmessungen in der Technik geschieht mit thermoelektrischen Pyrometern. Das als Temperaturfühler bzw. Geber dienende Thermoelement besteht aus zwei an einem Ende elektrisch miteinander verbundenen, meist geschweißten oder verlöteten Drähten verschiedener Metalle bzw. Legierungen; beim Erwärmen der als Meßstelle bezeichneten Lötstelle entsteht eine EMK, die ein Maß ist für den Temperaturunterschied zwischen der heißen Lötstelle und den als kalte Lötstelle bzw. Vergleichsstelle bezeichneten Enden. Als Empfänger dient im allgemeinen ein Drehspulgerät, das als Anzeiger, Punktschreiber oder Regler ausgebildet ist; seine Verwendung bringt jedoch eine Reihe von Fehlermöglichkeiten mit sich, die nachstehend kurz erläutert werden.

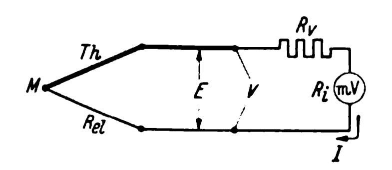


Bild 1. Thermoelementkreis mit Millivoltmeter.

In Bild 1 und im folgenden bedeutet:

- E EMK des Thermoelementes Th bei einer bestimmten Temperaturdifferenz zwischen Meßstelle M und Vergleichsstelle V,
- R_{el} Widerstand des Thermoelementes und seiner Zuleitungen zum Empfänger,
- R_i Widerstand der Drehspule des Empfängers,
- R_v temperaturunabhängiger Vorwiderstand im Empfänger,
- R_{ges} Gesamtwiderstand des Kreises,
- I Strom im Thermoelementkreis.

Es ist

$$I = \frac{E}{R_i + R_v + R_{el}} = \frac{E}{R_{ges}}. \qquad (1)$$

Der Widerstand der aus Kupfer oder Aluminium bestehenden Drehspule ist temperaturabhängig mit dem Temperaturkoeffizienten von 0,004/° C; es ist:

$$R_i = \frac{R_{i_{20}}}{1{,}08}(1 + 0{,}004\,t), \qquad (2)$$

wobei $R_{i_{20}}$ der Widerstand der Drehspule bei der Eichtemperatur von 20 ° C, t die Instrumenttemperatur in ° C ist.

In Gl. (1) eingesetzt ergibt sich

$$I = \frac{E}{\frac{R_{i_{20}}}{1{,}08}(1 + 0{,}004\,t) + R_v + R_{el}}. \qquad (3)$$

Bei genauen Temperaturmessungen gilt demnach folgendes:

Der Widerstand des Thermoelementes und seiner Zuleitungen zum Empfänger R_{el} muß bei der Eichung berücksichtigt werden; die Änderungen durch Temperatureinflüsse und Abbrand müssen klein sein gegenüber dem Gesamtwiderstand R_{ges}.

Der temperaturunabhängige Vorwiderstand im Empfänger R_v muß groß sein gegenüber R_i, damit beim Abweichen der Instrumenttemperatur von der Eichtemperatur der Gesamtwiderstand nicht unzulässig geändert wird.

Die Grenzen dieser Bedingungen sind bei einer bestimmten Bauform des Drehspulgerätes durch die mögliche Magnetfeldstärke, den vorhandenen Drehspul-Wickelraum sowie das kleinstmögliche Drehmoment gesetzt; dieses darf zur Vermeidung von Reibungs- und Gleichgewichtsfehlern eine bestimmte Größe nicht unterschreiten. Da sich die beiden aufgestellten Bedingungen bei sonst gleichen Verhältnissen widersprechen, muß beim Bemessen des Meßwerks ein Mittelweg eingeschlagen werden. Die Schwierigkeiten sind um so größer, je kleiner der geforderte Meßbereich wird. Dies stört besonders deshalb, weil gerade das am genauesten reproduzierbare Platin-Platinrhodium-Thermoelement unter den gebräuchlichen Elementen die geringste EMK von etwa 1 mV für je 100 ° C liefert. Aus den erwähnten Gründen muß für Messungen, bei denen es auf große Genauigkeit ankommt, ein anderes Spannungsmeßverfahren angewandt werden; besonders geeignet ist das Kompensationsverfahren.

2. Grundlagen des Kompensationsverfahrens

Das Kompensationsverfahren beruht darauf, daß der unbekannten Spannung oder EMK eine bekannte, leicht meßbare Spannung entgegengeschaltet und so lange geändert wird, bis kein Ausgleichsstrom mehr fließt; die Stromlosigkeit wird durch ein Nullgalvanometer festgestellt. Nach der Erzeugung und Messung der Hilfsspannung lassen sich die Kompensatoren in zwei Hauptgruppen einteilen.

a. Kompensatoren mit konstantem Hilfsstrom nach Poggendorf

Die Grundschaltung zeigt Bild 2. Ein der Batterie U_h entnommener Strom I, der mit dem veränderlichen Widerstand R_r auf einen bestimmten konstanten Wert regelbar ist, fließt über einen Spannungsteiler R_{sp}. Durch Verschieben des Spannungsteilerabgriffes S wird auf Stromlosigkeit des Galvanometers G in Stellung *2* des Schalters *Sch* eingestellt. Die zu messende Spannung ist dann

$$E_x = I R_k ,$$

wobei R_k der Teil des Spannungsteilerwiderstandes zwischen dem festen und beweglichen Abgriff ist.

Die Messung des Stromes I kann auf zwei Arten stattfinden:

1. Durch einen Strommesser. Bei genügend großer Empfindlichkeit des Nullgalvanometers ist die Genauigkeit der Messung von E_x nur von der des Strommessers abhängig, da der Widerstand R_k wesentlich genauer abgeglichen werden kann.
2. Durch Kompensation seines Spannungsabfalles an einem Normalwiderstand gegen ein Normalelement. Der Normalwiderstand R_n muß so bemessen sein, daß der durch I hervorgerufene Spannungsabfall gleich der EMK des Normalelementes E_n ist.

   Dann ist

$$E_x = E_n \frac{R_k}{R_n} .$$

Diese Art der Messung ist grundsätzlich am genauesten, da die Meßgröße auf die am besten reproduzierbaren Normalien von Spannung und Widerstand zurückgeführt wird.

b. Kompensatoren mit veränderlichem Hilfsstrom nach Lindeck-Rothe

Das grundsätzliche Schaltbild dieser Anordnung zeigt Bild 3. Die Kompensationsspannung wird an einem festen Widerstand R_k durch Verändern des Stromes I mit dem Regelwiderstand R_r bis zur Stromlosigkeit des Nullgalvanometers G eingestellt. Dabei ist

$$E_x = I R_k .$$

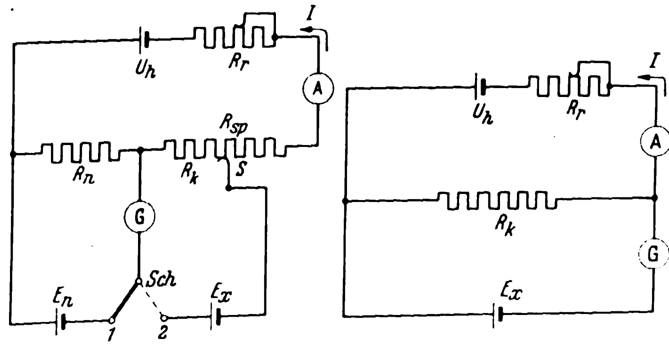


Bild 2. Kompensationsschaltung mit konstantem Hilfsstrom nach Poggendorf.

Bild 3. Kompensationsschaltung mit veränderlichem Hilfsstrom nach Lindeck-Rothe.

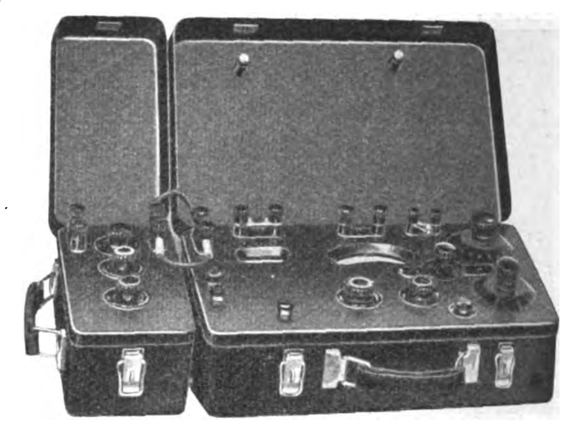


Bild 4. Technischer Kompensator.

Da R_k konstant ist, ist I unmittelbar proportional E_x. Die Meßgenauigkeit nach dieser Schaltung ist durch die des Strommessers A gegeben.

Die bisher besprochenen Verfahren, bei denen E_x bei Stromlosigkeit des Kompensationskreises bestimmt wird, werden als vollpotentiometrisch bezeichnet. Im Gegensatz hierzu steht das sogenannte halbpotentiometrische Verfahren, bei dem Hilfsstrom und Kompensationswiderstand konstant sind; als Maß für die zu messende Spannung dient der Ausschlag des Galvanometers. Kompensation ist nur bei einem einzigen Spannungswert vorhanden, während bei allen anderen ein Ausgleichsstrom fließt.

Nach Art des Nullabgleichs lassen sich Kompensatoren mit Handabgleich und mit selbsttätigem Abgleich unterscheiden. Die meist tragbar ausgeführten Geräte mit Handabgleich werden hauptsächlich zum Überprüfen von Pyrometeranlagen und zum Eichen von Millivoltmetern verwendet, während die Kompensatoren mit selbsttätigem Nullabgleich vorwiegend zur unmittelbaren Temperaturanzeige, -regelung oder -aufzeichnung dienen.

3. Kompensatoren mit Handabgleich

Der in Bild 4 gezeigte technische Kompensator[1]) arbeitet mit konstantem Hilfsstrom, der einer Taschenlampenbatterie entnommen und mit zwei Regelwiderständen und einem Strommesser eingestellt wird. Der Strommesser hat einen unterdrückten Nullpunkt. Die drei Meßbereiche von 0 bis 1100, 0 bis 110 und 0 bis 22 mV, von denen nur die beiden unteren für Temperaturmessungen in Betracht kommen, werden dadurch erzielt, daß über den Kompensationswiderstand verschiedene Ströme fließen. Der Gesamtwiderstand des Hilfsstromkreises bleibt dabei immer konstant. Die Meßgenauigkeit beträgt oberhalb 15 % jedes Meßbereichendwertes ± 0,3 %. Ein ansteckbarer Zusatzkasten enthält eine Taschenlampenbatterie und zwei Regelwiderstände und dient zum Prüfen von Millivoltmetern an beliebigen Skalenpunkten.

Der tragbare Kompensator (Bild 5) arbeitet ebenfalls mit konstantem Hilfsstrom, der jedoch mit Normalelement und Normalwiderstand eingestellt wird. Das nur für Temperaturmessungen bestimmte Gerät besitzt einen Meßbereich von 0 bis 60 mV. Eine Grobunterteilung von 10 zu 10 mV wird durch einen Stufenwiderstand vorgenommen, die Zwischenwerte werden an einem Schleifdraht eingestellt. Zum Berücksichtigen der Vergleichsstellentemperatur ist ein Quecksilberthermometer eingebaut, das die Temperatur der Anschlußklemmen angibt. Der Hilfsstrom wird einer kleinen Trockenbatterie entnommen und dreistufig geregelt; eine zweite Batterie speist den Stromkreis, an den ein zu prüfendes Millivoltmeter angeschlossen und mit drei Widerständen beliebig eingestellt werden kann. In Reihe mit dem Prüfling liegt ein veränderlicher

[1]) Arch. techn. Messen (Aug. 1933) J 931—4.



Bild 5. Tragbarer Kompensator.

Widerstand zum Berücksichtigen des eingeeichten Thermoelement- und Leitungswiderstandes. Zum schnellen Überprüfen von Geräten, die nur kurze Zeit außer Betrieb genommen werden können, wird das Thermoelement bzw. seine Ausgleichsleitung an die E_x-Klemmen, das zugehörige Instrument an zwei weitere Klemmen gelegt. Zunächst liegt das Thermoelement im Kompensationskreis, in dem seine EMK kompensiert wird; unmittelbar anschließend wird es auf das angeschlossene Instrument umgeschaltet. Der Unterschied der beiden erhaltenen Werte ist der Instrumentfehler, wobei bereits der Leitungswiderstand berücksichtigt ist. Die Meßgenauigkeit des tragbaren Kompensators beträgt ± 0,2 % vom Sollwert, höchstens jedoch ± 0,01 mV.

Mit konstantem Kompensationswiderstand und veränderlichem Strom arbeitet der L i n d e c k - R o t h e - Kompensator[2]), der besonders für Prüffelder geeignet ist. In einem Holzkasten sind zwei umschaltbare Kompensationswiderstände, das Nullgalvanometer, Regelwiderstände für den Kompensationsstrom und für das Einstellen des Prüflings sowie ein Umschalter für zwei Thermoelemente untergebracht. Der als Maß für die zu messende Spannung dienende Kompensationsstrom wird an einem angeschlossenen Präzisionsstrommesser abgelesen. Durch mehrere Strommeßbereiche und zwei umschaltbare Kompensationswiderstände ergeben sich 7 Meßbereiche zwischen 3 und 150 mV. Die Meßgenauigkeit beträgt ± 0,2 % vom Endwert des jeweils benutzten Meßbereiches. Durch Einbau des Kompensators, des Strommessers und einer Stromquelle aus 5 parallelgeschalteten Taschenlampenbatterien in einen Koffer ist das Gerät auch für Messungen im Betrieb geeignet.

Erwähnt werden soll noch wegen seiner Kleinheit und einfachen Bedienung das mit Pyravi bezeichnete Kleingerät, obwohl es infolge seiner geringeren Meßgenauigkeit nicht überall verwendbar ist. Der Hilfsstrom wird mit dem gleichen Instrument auf konstanten Strom eingestellt, das bei der Messung selbst als Nullgalvanometer dient. Der Kompensationswiderstand ist ein Schleifdraht; die Skala erhält eine Millivoltteilung von 0 bis 50 mV und zwei Temperaturteilungen für Hoskins- und Eisenkonstantanthermoelemente, von denen die jeweils nicht gebrauchten Teilungen durch eine Blende abgedeckt werden. Die Meßgenauigkeit beträgt ± 0,3 mV. Auch bei diesem Gerät kann das Prüfen eines Instrumentes mit seinem zugehörigen Thermoelement vorgenommen werden. Der Anschluß wird durch eine Steckerschnur mit besonders ausgebildeten Klemmen erleichtert. Der Umschalter ist mit dem Galvanometertaster im Gerät vereinigt.

Kompensatoren mit Handabgleich werden auch als S c h a l t t a f e l g e r ä t e gebaut und sind besonders in Amerika viel in Gebrauch. Der Aufbau entspricht dem der tragbaren Geräte, jedoch ist dem begrenzteren Verwendungszweck entsprechend im allgemeinen nur ein einziger Temperaturmeßbereich vorhanden. Oft wird eine Kunstschaltung zum Ausgleich des Fehlers angewandt, der sich durch das Abweichen der Vergleichsstellentemperatur des Thermoelementes von der Eichtemperatur ergibt. Diese Schaltung wird auch bei einer Anzahl der weiter unten beschriebenen Geräte angewandt.

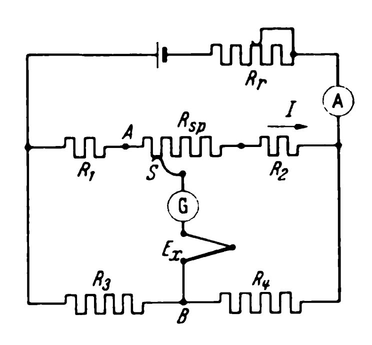


Bild 6. Brückenkompensationsschaltung.

Da die von einem Thermoelement abgegebene EMK ein Maß für die Temperaturdifferenz zwischen Meßstelle und Vergleichsstelle ist, so zeigt ein an das Thermoelement angeschlossener und in Temperatureinheiten geeichter Spannungsmesser also nur dann richtig an, wenn die Vergleichsstelle die Eichtemperatur besitzt. Ist ihre Temperatur höher, so vermindert sich die Temperaturdifferenz und damit die Spannungsdifferenz; das angeschlossene Gerät zeigt zu niedrig an. Ist die Temperatur der Vergleichsstelle niedriger als die Eichtemperatur, so zeigt das Gerät zu hoch an. Soll dieser Fehler selbsttätig ausgeglichen werden, so kann zu der vom Thermoelement abgegebenen Spannung eine Spannung addiert bzw. subtrahiert werden, die der Abweichung der Vergleichsstellentemperatur von der Eichtemperatur proportional ist.

Eine solche Spannung kann als Diagonalspannung einer W h e a t s t o n e schen Brücke entnommen werden, die einen temperaturabhängigen Widerstand enthält und die bei der Eichtemperatur abgeglichen ist. Die sich ergebende Kompensationsschaltung zeigt Bild 6, in welcher der zur Kompensation dienende Spannungsteiler R_{kp} in einem Zweig einer Brücke liegt. Sind die Widerstände so gewählt, daß $\frac{R_1}{R_3} = \frac{R_{kp} + R_2}{R_4}$ ist, so besitzt der Punkt B in der Anfangstellung des Spannungsteilerabgriffes S bei $E_x = 0$ das gleiche Potential wie A; es hat sich also gegenüber der Schaltung nach Bild 2 grundsätzlich nichts geändert. Wird R_3 temperaturabhängig gemacht und mit der Vergleichsstelle des Thermoelementes baulich vereinigt, so verschiebt sich das Potential von B mit der Vergleichsstellentemperatur. Hierdurch ändert sich die Hilfsspannung bei gleicher Stellung des Spannungsteilerabgriffes gerade so viel wie die EMK des Thermoelementes durch die jeweilige Abweichung der Vergleichsstellentemperatur von der Eichtemperatur. Jeder Temperatur der Meßstelle ist also unabhängig von der Temperatur der Vergleichsstelle eine bestimmte Schleifdrahtstellung zugeordnet. Durch anderes Bemessen der Brückenwiderstände läßt sich übrigens eine Nullpunktsunterdrückung erzielen, wobei der Anfangsstellung des Spannungsteilerabgriffes nicht der Wert Null, sondern ein von Null abweichender Wert entspricht; hierdurch kann z. B. ein Meßbereich von 600 bis 1000 °C verwirklicht werden.

4. Kompensatoren mit selbsttätigem Nullabgleich

Ist ein Kompensator nicht abgeglichen, so fließt im Nullkreis ein Ausgleichsstrom, der nach Größe und Richtung der Abweichung zwischen Meß- und Hilfsspannung proportional und daher geeignet ist, den Abgleich selbsttätig herbeizuführen. Da seine Größe jedoch nicht zum unmittelbaren Betätigen eines Abgleichmittels ausreicht, muß er entweder durch mechanische oder elektrische Hilfsmittel verstärkt werden. Am einfachsten läßt sich das selbsttätige Abgleichen bei den als Fallbügelgeräten aus-

[2]) W. Hunsinger. Tragbarer Kompensator zur Messung kleiner Gleichspannungen, besonders zur Prüfung von Thermoelementen und Millivoltmetern. Helios, Lpz. 43 (1937) S. 1125.

gebildeten Kompensationsreglern erreichen. Bei Fallbügel-Temperaturreglern wird bekanntlich der Zeiger des die Temperatur anzeigenden Meßwerks periodisch durch einen Fallbügel abgetastet. Liegt diese tiefer als die Solltemperatur, so steht der Zeiger des Meßwerks vor einer einstellbaren Solltemperaturmarke; der Fallbügel betätigt einen Schalter, der Energiezufuhr und damit Temperaturanstieg bewirkt. Beim Überschreiten der Solltemperatur steht der Zeiger hinter der Sollmarke; in gleicher Weise wird eine verminderte Energiezufuhr veranlaßt. Die Arbeit für die Schalterbetätigung wird von dem den Fallbügel antreibenden Motor geliefert; der Meßwerkzeiger dient lediglich als Koppelglied zwischen Fallbügel und Schalter und nimmt dadurch die Steuerung vor. Als Schalter dienen meist Quecksilberröhren, die bei elektrischer Heizung die Energiezufuhr unmittelbar oder über Schaltschütze oder Regeltransformatoren, bei Gas- oder Ölheizung über Drosselklappen oder Regelventile steuern. Durch die Anzahl der Schaltstufen und die Art der Kontaktgabe als Dauerkontakt oder Impulskontakt (u. U. mit ausschlagabhängiger Dauer) kann die Art der Heizung dem Ofen angepaßt werden.

Wird ein Fallbügelregler als Kompensationsregler ausgebildet, so dient als Steuerorgan das Nullgalvanometer. Die grundsätzliche Schaltung geschieht meist nach Bild 2. Durch den Sollwertsteller wird der Kompensationswiderstand R_{sp} verändert. Je nach Abweichen der jeweiligen Temperatur von der Solltemperatur schlägt das Nullgalvanometer von seiner der Solltemperatur entsprechenden Nullage nach verschiedenen Richtungen aus und steuert so die Energiezufuhr durch entsprechendes Betätigen der Schalter durch den Fallbügel. Gleichzeitig mit der Temperaturregelung geschieht also die Regelung des Galvanometerausschlages auf Null und dadurch die selbsttätige Kompensation der EMK des Thermoelementes gegen die gewählte Hilfsspannung.

Ein Kompensations-Temperaturregler[3]) benutzt die Brückenkompensationsschaltung mit selbsttätigem Ausgleich des Einflusses der Vergleichsstellentemperatur des Thermoelementes (Bild 6). Der Hilfsstrom muß von Hand so eingestellt werden, daß der Zeiger des eingebauten Kontrollstrommessers auf einer Sollmarke steht; der Kompensationswiderstand ist als Drehwiderstand ausgebildet, an dessen kreisförmiger Skala der Temperatur-Sollwert mittels eines Drehknaufes gewählt werden kann. Das Nullgalvanometer wird durch zwei von einem Synchronmotor periodisch angetriebene Schalthebel abgetastet; jeder Ausschlagrichtung des Galvanometers ist einer von diesen zugeordnet. Die Schalthebel sind so mit Quecksilberröhren gekuppelt, daß diese in der Nullage des Galvanometers ausgeschaltet bleiben; bei Abweichen von der Nullage wird die Röhre betätigt, die mit dem entsprechenden Schalthebel verbunden ist. Durch die besondere Ausbildung der Schalthebel wird erreicht, daß die Einschaltdauer von der Größe des Galvanometerausschlages abhängig ist. Dadurch wird die Energiezufuhr zum Ofen in Abhängigkeit von der Abweichung von der Solltemperatur geregelt.

Ein anderer Kompensationsregler verwendet ebenfalls die Brückenkompensationsschaltung. Der Hilfsstrom wird durch Vergleich seines Spannungsabfalles an einen Normalwiderstand mit einem eingebauten Normalelement konstant gehalten. Die Hilfsstromeinstellung geschieht von Zeit zu Zeit von Hand mit einem eingebauten Regelwiderstand. Die Sollwerteinstellung erfolgt an einem Drehwiderstand, der von außen mit einem Steckschlüssel betätigt wird. Das durch einen Fallbügel abgetastete Galvanometer kann bei seinem Abweichen von der Nullstellung beliebige Schaltröhrenkombinationen betätigen; sein Zeiger spielt von einer in °C Abweichung vom Sollwert geeichten Skala. Durch einen Schalter kann das Nullgalvanometer auch vom Kompensationskreis abgetrennt und über einen Vorwiderstand unmittelbar an das Thermoelement gelegt werden, so daß jederzeit die Möglichkeit besteht, die jeweilige Temperatur nach dem Ausschlagverfahren zu messen; dies ist besonders während der Anheizperiode wertvoll. Das Gerät ist in Bild 7 dargestellt. Im unteren Teil ist der Schalter zu erkennen, der für die Einstellung des Hilfsstromes in die Stellung „Prüfen", für den normalen Regelbetrieb in die Stellung „Regeln" und für die Temperaturmessung nach dem Ausschlagverfahren in die Stellung „Messen" gebracht wird. Das Heranziehen des Nullgalvanometers für die Hilfsstromeinstellung und die Ausschlagmessung erfordert in den zugehörigen Schaltstellungen die Verriegelung des Regelmechanismus bzw. das Abschalten des Antriebmotors, damit keine Fehlschaltungen durch den Regler veranlaßt werden.



Bild 7. Kompensationsregler.

Bei einem weiteren Regler dient das Nullgalvanometer nur zum Abtasten durch den Fallbügel. Die Temperaturanzeige geschieht durch ein Ausschlaginstrument, das über der gleichen Skala spielt, die zur Sollwerteinstellung benutzt wird.

Außerdem wird noch ein Kompensationsregler ohne Fallbügel gebaut[4]) (Bild 8). Beim Abweichen des Spiegelgalvanometers aus der Nullage wird mit einer Photozelle ein Thyratron gezündet, das die sonst übliche Schaltröhre ersetzt. Schaltungstechnisch gleicht im übrigen dieser Kompensationsregler grundsätzlich den bereits erwähnten. Ein Vorteil besteht darin, daß die Energieänderung des zu regelnden Ofens gleichzeitig mit der Temperaturänderung und nicht erst beim nächsten Fallbügelhub stattfindet. In den weitaus meisten Fällen spielt aber infolge der Trägheit der zu regelnden Öfen die nur wenige Sekunden betragende Verzögerung bei den Fallbügelreglern keine Rolle.

Tritt bei dem an einem Kompensationsregler angeschlossenen Thermoelement ein Bruch auf, so geht das Galvanometer auf Null zurück; dem Ofen wird unter Umständen weitere Energie zugeführt, und er kann durchbrennen, da ja das Galvanometer das Abschalten der Ofenleistung nicht mehr veranlassen kann. Um dies zu verhindern, wird die Schaltung so gewählt, daß der Solltemperatur nicht mehr die dem Strom Null, sondern einem kleinen Reststrom zugehörige Galvanometerstellung entspricht. Bei einem Elementbruch geht das Galvanometer in seine einer zu hohen Temperatur entsprechende mechanische Nullage zurück und sorgt für

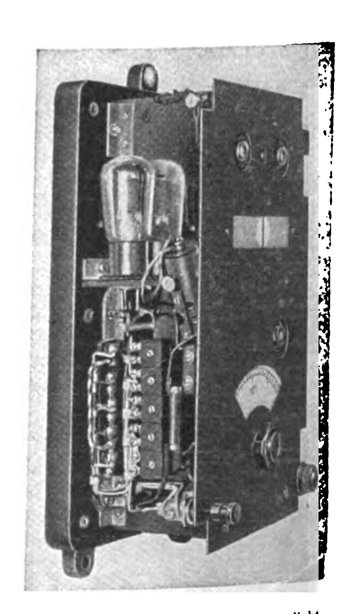
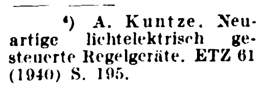


Bild 8. Kompensationsregler mit lichtelektrischer Steuerung.

[3]) Arch. techn. Messen (Aug. 1935) J 062–11. (Febr. 1941) Lfg. 116. J 063–4.



[4]) A. Kuntze, Neuartige lichtelektrisch gesteuerte Regelgeräte. ETZ 61 (1940) S. 195.

das Ansprechen einer Warnanlage oder die Energieabschaltung.

Die Kompensationsregler werden oft mit einer elastischen Rückführung versehen. Infolge der Trägheit der zu regelnden Öfen können leicht Temperaturpendelungen um den Sollwert auftreten, die folgendermaßen zu erklären sind: Liegt die augenblickliche Temperatur eines Ofens ein wenig unter dem Sollwert, so wird dem Ofen beim Abtasten des Zeigers eine gewisse Energiemenge zugeführt, die gerade so groß sein soll, daß der Ofen die Solltemperatur wieder erreicht. Wegen der Ofenträgheit wird jedoch auch beim nächsten Fallbügelhub die Ofentemperatur noch unter dem Sollwert liegen. Dadurch wird dem Ofen, unter Umständen mehrmals, weitere Energie zugeführt, so daß seine Temperatur über die Solltemperatur steigt. Nach dem Abschalten spielt sich der umgekehrte Vorgang ab; also findet dauernd ein Pendeln der Temperatur um den Sollwert statt, deren Amplitude von der Ofenträgheit, der Art der Energiezufuhr und der Empfindlichkeit des Temperaturanzeigers abhängt.

Wird gleichzeitig mit dem ersten Abtasten dem Meßwerk eine Zusatzspannung zugeführt, die gerade so groß ist, daß der Zeiger die Nullage erreicht, und die im gleichen Maße abnimmt, in dem sich die Meßspannung ihrem Sollwert nähert, so geht der Zeiger sofort auf den Sollwert; beim weiteren Abtasten findet also keine Energiezufuhr mehr statt. Der Ofen erreicht die Solltemperatur gerade so, als wenn sich die Energiezufuhr sofort auf die Temperatur ausgewirkt hätte. Tritt während der Rückführdauer eine zusätzliche Temperaturabweichung auf, so veranlaßt der Regler sofort die erneut notwendige Änderung der Energiezufuhr.

Die Zusatzspannung muß sich nach einem Exponentialgesetz ändern, da sich auch die Ofentemperatur in gleicher Weise ändert; sie muß dann Null geworden sein, wenn auch die Temperaturänderung Null geworden ist. Die Zusatzspannung kann z. B. von einem in den Meßkreis geschalteten Thermoelement geliefert werden, dessen eine Lötstelle gleichzeitig mit der Energiezufuhr zum Ofen kurzzeitig aufgeheizt wird. Selbstverständlich muß je ein solches Thermoelement für zu tiefe und zu hohe Ofentemperatur vorhanden und so geschaltet sein, daß sich die Zusatzspannung zur Thermoelementspannung im ersten Fall addiert, im zweiten subtrahiert. Die für den jeweiligen Ofen bzw. Betriebszustand nötige Größe der Zusatzspannung kann durch einen Spannungsteiler, die der Abklingdauer durch Ändern der Trägheit des Zusatzthermoelementes eingestellt werden.

Während die selbsttätige Kompensation bei Reglern verhältnismäßig einfach ist, da sie gleichzeitig mit dem Regelvorgang geschieht, sind die Verhältnisse bei Schreibern schwieriger. Hier wird nicht immer die gleiche Temperatur aufgezeichnet; vielmehr soll der Temperaturverlauf in einem großen Bereich erfaßt werden können. Beim Kompensationsschreiber muß also bei jedem beliebigen Meßwert die Kompensation selbsttätig vorgenommen werden.

Besonders in Amerika sind Kompensationsschreiber mit mechanischem oder mechanisch-elektrischem Nullabgleich weit und in verschiedenen Ausführungen verbreitet[5]). Das bekannteste dieser Geräte ist der sogenannte Mikromax, dessen grundsätzlich gleichgebliebene Konstruktion sich seit rd. 30 Jahren bewährt hat. Seine Wirkungsweise soll als Beispiel für derartige Geräte angeführt werden. Die Schaltung ist die bereits mehrfach erwähnte Brückenkompensationsschaltung. Bild 9 zeigt

[5]) P. A. Borden u. T. M. Behar, Recording electrical Instruments. Instruments 8 (1935) S. 7 u. 34. F. Eichler, Kompensationsgeräte mit selbsttätiger Abgleichung. Arch. techn. Messen (Dez. 1936) J 034—1; (Juni 1937) J 034—4.

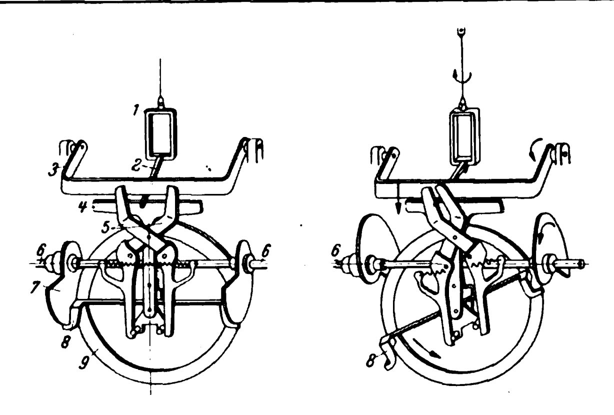


Bild 9. Abgleichvorrichtung des Mikromax.

schematisch die für das Abgleichen nötigen Teile. Während einer Umdrehung der von einem dauernd laufenden Motor angetriebenen Welle *6* spielt sich folgendes ab: Zunächst drückt der Fallbügel *3* den Zeiger *2* des Nullgalvanometers *1* gegen das Widerlager *4*. Darauf werden die zangenförmigen Tasthebel *5* zusammengedrückt und legen sich gegen den festgeklemmten Zeiger; ihre entgegengesetzten Enden bringen dadurch den Kupplungshebel *8* in eine von der Zeigerstellung abhängige Lage. Dann werden die Tasthebel in ihre Ausgangslage zurückgeführt und der Fallbügel vom Zeiger gelöst. Anschließend wird der Kupplungshebel *8* gegen das Kupplungsrad *9* gedrückt, durch die Kurvenscheiben *7* in seine Ausgangslage zurückgebracht und schließlich wieder freigegeben. Mit dem Kupplungsrad *9* ist der Kompensationswiderstand und die Schreibvorrichtung verbunden. Durch den eben beschriebenen Vorgang wurde der Kompensationswiderstand um ein gewisses Stück verstellt; der Zeiger des Nullgalvanometers hat sich dadurch seiner Nullage genähert. Bei weiteren Umdrehungen der Welle *6* wird der Kompensationswiderstand weiter verstellt, und zwar so lange, bis der Zeiger in die dem Strom Null entsprechende Mittellage gekommen und damit die Kompensation erreicht ist. Da die zangenförmigen Hebel beim Abtasten des Zeigers jetzt in ihrer Symmetriestellung stehenbleiben, bleibt auch der Kupplungshebel in seiner waagerechten Ausgangslage, und die beiden Kurvenscheiben können den Kompensationswiderstand nicht weiter verstellen. Der Nullabgleich geschieht also schrittweise; bei großer Abweichung vom Kompensationszustand sind die Schritte groß, bei kleiner Abweichung entsprechend kleiner. Die Abtastdauer derartiger Schreiber beträgt etwa 2 bis 5 s, die Einstelldauer über die ganze Skalenlänge 20 bis 50 s.

Bei dem Schreibgerät kann auch die Hilfsstromeinstellung selbsttätig stattfinden. Zu diesem Zweck wird in gewissen Zeitabständen das Gerät in die Prüfstellung gebracht, die der Schalterstellung *1* in Bild 2 entspricht, und gleichzeitig ein Regelwiderstand für den Hilfsstrom an Stelle des Kompensationswiderstandes mit dem Kupplungsrad *9* in Eingriff gebracht.

Im Gegensatz zu der in Deutschland üblichen Schreibstreifenbreite von etwa 120 mm besitzen die amerikanischen Geräte meist eine solche von rd. 280 mm. Einen Vorteil besitzt das breite Papier gegenüber dem schmalen allerdings nicht, denn die Ablesegenauigkeit ist auch bei dem schmalen Schreibstreifen immer noch größer als die Meßgenauigkeit, zumal sich der Meßbereich entsprechend eng wählen läßt. Die Meßgenauigkeit wird bei den amerikanischen Geräten mit 0,2 bis 0,6 % angegeben.

Kompensationsschreiber der genannten Art können auch zusätzlich als Regler verwendet werden, indem mit dem Kompensationswiderstand z. B. verstellbare Kurven-

scheiben gekuppelt sind, durch die bei einem beliebig einstellbaren Wert Schaltvorgänge ausgelöst werden können.

Im Gegensatz zu den sich schrittweise abgleichenden selbsttätigen Kompensatoren haben sich in letzter Zeit Kompensatoren mit stetigem Nullabgleich eingeführt, die den Vorteil einer schnellen Anzeige besitzen. Diesen zuerst von Schützler angegebenen Kompensatoren[6]) liegt die Lindeck-Rothe-Schaltung zugrunde; die Wirkungsweise soll an einem Beispiel erklärt werden.

In der in Bild 3 dargestellten Schaltung sei das Nullgalvanometer durch einen Gleichstrommotor ersetzt, der die Schleifbürste des Regelwiderstandes R_r antreibt. Ist die Kompensation gerade erreicht, so fließt im Nullkreis kein Strom; der Motor und damit die Schleifbürste des Regelwiderstandes stehen in einer bestimmten Lage. Ändert sich E_x, so fließt im Nullkreis ein Ausgleichsstrom. Der Motor dreht sich und verstellt den Regelwiderstand in Richtung auf den Kompensationszustand so lange, bis dieser erreicht ist; dann bleibt er wieder stehen. Beim Ändern von E_x in entgegengesetzter Richtung dreht sich der Motor umgekehrt und führt den Abgleich von neuem aus. Ändert sich bei gleichbleibendem E_x z. B. die Hilfsspannung U_h oder die Kennlinie des Regelwiderstandes R_r, dann wird auch dadurch die Kompensation gestört, und der Motor verstellt R_r wieder bis zum Abgleich. Das richtige Arbeiten des Kompensators hängt also nicht von Störvorgängen im Hilfsstromkreis ab. Bedingung ist allerdings ein solches Bemessen des Hilfsstromkreises, daß überhaupt ein Abgleich möglich ist. Das Wesentliche ist die Eigenschaft des Motors, bei Stromlosigkeit in jeder beliebigen Lage stehen zu bleiben; außer dem durch den Ausgleichsstrom gebildeten Drehmoment darf also kein weiteres Drehmoment auf seine Achse wirken.

Da die von einem Thermoelement gelieferten Ausgleichsströme nicht ausreichen, um einen Motor anzutreiben, der eine Schleifbürste verstellen kann, muß die Kombination von Motor und Widerstand durch eine entsprechende leistungslos arbeitende ersetzt werden. Die gebräuchlichste derartige Anordnung ist folgendermaßen aufgebaut: Das Nullgalvanometer ist ein richtkraftloses Drehspulinstrument, das die gleichen Eigenschaften besitzt wie ein Motor. Der Regelwiderstand besteht aus einer Dreielektrodenröhre, die ihre Gittervorspannung durch eine Alkali-Photozelle erhält. Das mit einem Spiegel oder einer Blende versehene Nullgalvanometer ändert beim Ausschlag die Beleuchtung der Photozelle und dadurch die Gittervorspannung und den Anodenstrom der Röhre. Das grundsätzliche Schaltbild eines auf diese Weise geschaffenen selbsttätigen Photozellenkompensators zeigt Bild 10.

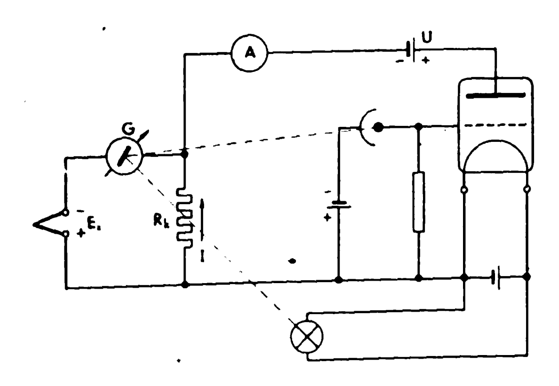


Bild 10. Grundsätzliches Schaltbild eines Photozellenkompensators.

Ähnlich arbeitet auch der Bolometerverstärker. Als Hilfsstrom für den Kompensator dient der Diagonalstrom einer Wheatstoneschen Brücke, die zwei temperaturabhängige geheizte Widerstände enthält. Diese werden von einem durch eine Blende des richtkraftlosen Nullgalvanometers gesteuerten Luftstrom je nach ihrer Lage verschieden abgekühlt.

Für technische Betriebe werden verschiedene Photozellenkompensatoren hergestellt. Bei einem kürzlich an dieser Stelle beschriebenen Gerät geschieht das Gleichrichten der Anoden- und Photozellenspannung durch Röhre und Photozelle selbst[7]); bei anderen Geräten sind besondere Gleichrichter vorhanden. Die Meßgenauigkeit ist praktisch durch die des angeschlossenen Strommessers bedingt, der als Anzeigegerät, Punktschreiber, Linienschreiber oder Regler ausgebildet sein kann. Die Einstellzeit über den gesamten Meßbereich beträgt etwa 1 bis 3 s. Der kleinste Meßbereich liegt in der Größenordnung von einigen mV. Soll der Nullpunkt unterdrückt werden, so ist zusätzlich eine konstante Hilfsspannung nötig. Auch ähnliche mit Bolometerverstärkern ausgerüstete Geräte werden benutzt[8]).

5. Wichtigste Anwendungsgebiete selbsttätiger Kompensatoren

Abschließend seien noch einige Hauptanwendungsgebiete für die zuletzt erwähnten Kompensatoren genannt. Durch schnelles Einstellen eignen sie sich zum Überwachen einer großen Anzahl von Meßstellen. Die Möglichkeit der Verwendung eines Linienschreibers und die schnelle Anzeige läßt die Messung von Blocktemperaturen an Walzenstraßen zu. Der Fortfall von Temperaturfehlern und Fehlern durch sich ändernde Widerstände im Thermoelementkreis sowie die Verwendbarkeit von Platin-Platinrhodium-Thermoelementen auch bei verhältnismäßig niedrigen Temperaturen ergibt hohe Meßgenauigkeit. Besonders geeignet sind dadurch die Geräte für die Überwachung von Leichtmetall-Vergütungsbädern[9]).

Zusammenfassung

Nach Art des Nullabgleichs lassen sich Kompensatoren mit Handabgleich und mit selbsttätigem Abgleich unterscheiden; die ersteren dienen hauptsächlich zu Kontroll- und Eichzwecken, letztere zum unmittelbaren Messen, Regeln oder Aufzeichnen. Von beiden Arten wird eine Anzahl praktisch ausgeführter Geräte beschrieben.

---

[6]) G. Schützler, Elektrischer Leistungsverstärker. Meßtechn. 5 (1929) S. 275. L. Merz, Theorie der selbstkompensierenden Gleichstromverstärker mit direkt wirkender mechanischer Steuerung. Arch. Elektrotechn. 31 (1937) S. 1.

[7]) W. Hunsinger, Der Photozellenkompensator. Helios, Lpz. 45 (1939) S. 184. H. Bleckwenn, Der Photozellenkompensator in der Meßtechnik. ETZ 62 (1941) H. 11, S. 292.

[8]) L. Merz, Bolometerverstärker. Arch. techn. Messen (1937) Z 64–2; Tintenschreiber mit hochempfindlichem Gleichstromverstärker. Arch. techn. Messen J 031–12.

[9]) E. Weiße, Über neue Geräte zur genauen thermoelektrischen Temperaturmessung, Aufzeichnung und Regelung für Industriebetrieb und Forschung. Z. Metallkde. 33 (1941) S. 1.

RUNDSCHAU

Elektrowärme

DK 621.791.8 : 669.71

Schweißen von Leichtmetallen nach dem Arcatomverfahren. [Nach E. Thiemer, Elektroschweißg. 11 (1940) S. 125; 5 S., 12 B.

Das Arcatomverfahren[1]) wird mit bestem Erfolg auch zum Schweißen von Leichtmetallen angewandt. Rasche Wärmezufuhr zum Werkstück bietet geringe Allgemeinerwärmung des Teiles und demzufolge eine schmale Umwandlungszone im Schweißnaht-Nebenbereich. Die Handhabung des Schweißbrenners (Wolfram-Elektrodenhalters) ist im Gegensatz zur Lichtbogenschweißung zwanglos frei beweglich gegenüber dem Werkstück. Die jeweils erforderliche Schmelzwärme wird durch Verändern des Abstandes der zwei Wolfram-Elektrodenspitzen mittels Handradverstellung am Brenner erreicht. Die große feinfühlige Regelfähigkeit der Lichtbogen-Schmelzwirkung läßt sich gerade bei Leichtmetallen besonders vorteilhaft ausnutzen. Sie ergibt gleichmäßig bestes Nahtgefüge.

Die Ausübung des Verfahrens geschieht je nach Erfordernis ohne oder auch mit Zusatzwerkstoff. Beim Schweißen soll der Zusatzdraht nicht mit dem Lichtbogen zum Schmelzen gebracht werden. Er wird in das Schmelzbad der Nahtstelle eingeführt und fließt darin von selbst ab, wodurch Oxyd- und Schlackeneinschlüsse vermieden werden.

Infolge der großen Schmelzwärme des Arcatom-Lichtbogens sind Abdeck- und Einspannvorrichtungen verwendbar, die überschüssige Wärme fernhalten und somit einen Verzug des Werkstückes nahezu vermeiden lassen. Vorrichtungen ermöglichen auch das Schweißen sehr dünner Leichtmetallbleche. In Sonderfällen können durch geeignete Maßnahmen, wie Anbringen von Bördelungen, dünne Bleche auch ohne Spannvorrichtungen geschweißt werden. Dickere Bleche, von 8 bis etwa 20 mm, werden nicht in der bei Stahl üblichen durchgehenden Mehrlagenschweißung, sondern durch Legen einer schrittweisen Mehrfachlage verbunden.

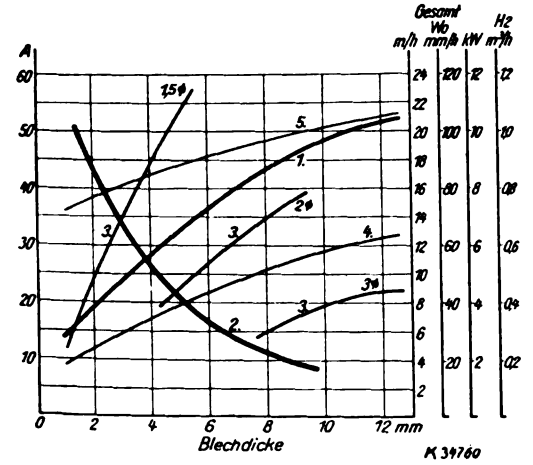
Bei Reinaluminium zeigten Versuchsschweißnahte gleiche Anfressungsbeständigkeit wie der Grundwerkstoff. Auf mechanische Verformung beanspruchte Teile weisen recht hohe Nahtfestigkeit auf. Arcatomgeschweißte Starkstromleitungsschienen für den Elektrobedarf bei Kraft- und Bahnbetriebswerken bestehen ohne Mängel bereits in mehrjährigem Betrieb.

Die Anwendung des Arcatomverfahrens erstreckt sich besonders auch auf Aluminiumlegierungen. Die bei den einzelnen Legierungsgattungen ermittelten Vorzüge belegt das angegebene Schrifttum. Auch für Gußlegierungen, und zwar insbesondere für die Instandsetzung zerstörter Gußstücke wird das Arcatomverfahren sehr häufig angewandt. Bei letzterem kann durch Fortfall der Vorwärmung oft der Ausbau von Innenteilen aus dem Gesamtstück erspart werden. Magnesium-, Knet- und Gußlegierungen können gleichfalls geschweißt werden. Hierbei vermindert die beim Arcatomverfahren angewandte Wasserstoffschutzgasflamme die Entzündungsgefahr für das Werkstück, sofern diese nicht durch die für solche Werkstoffe erforderlichen, eine Entzündung erschwerenden Flußmittel vermieden wird.

Außergewöhnlich gute Einsatzmöglichkeit bietet die Arcatomschweißung beim Verbinden von Teilen verschiedener Wanddicke, vor allem aber als einziges Verfahren, wenn in der Nähe der Nahtstelle Dichtungen, Vergußmassen oder andere wärmeempfindliche Einbauteile angeordnet sind. Das Werkstück wird dabei in Wasser gelegt und die Schweißstelle unmittelbar über der Wasserfläche hergestellt.

Für die Schweißkostenbestimmung kann Bild 1 benutzt werden. Die Werte gelten für Reinaluminium und angenähert für alle anderen Leichtmetallegierungen bei I- und V-Verbindungen bzw. an Außenkantennähten. Verbrauch und Kosten für Zusatzdraht und angewandte Flußmittel müssen gesondert ermittelt werden. *eb.*

[1]) ETZ 60 (1939) S. 1292.



1 Schweißstrom (A)
2 Schweißvorschub (m/h)
3 gesamter Wolframverbrauch (mm/h)
4 Elektr. Leistung (kW)
5 Wasserstoffverbrauch (m³/h)

Bild 1. Leistungswerte für Leichtmetalle, bezogen auf Schweißdauer.

DK 621.365.45 : 697.7

Praktische Versuche mit Rohrheizkörpern bei elektrischen Raumheizanlagen. [Nach H. Meyenburg, Elektrowärme 10 (1940) S. 155; 3½ S., 3 B.]

Es wird über praktische Erfahrungen mit einer elektrischen Raumheizung[1]) in einer größeren Wohnung berichtet, bei der nach einigen Jahren Benutzung versucht wurde, Verbesserungen der selbsttätigen Regelung zu schaffen. Bisher war die Anlage mit einzelnen Raumreglern gesteuert, die in bekannter Weise die Leistung periodisch voll ab- und zuschalteten. Dabei treten natürlich große Schwankungen am Heizkörper selbst auf, die sich auch etwas in den Raum fortpflanzen. Dies wurde dadurch beseitigt, daß man einen Teil der Heizleistung mit einem auf dem Heizkörper selbst angebrachten Oberflächenregler, also von der Oberflächentemperatur des Heizkörpers aus steuerte. Wahlweise wurde ein Raum auch mit zwei etwas verschieden eingestellten Raumreglern geregelt, von denen jeder einen Teil der Heizleistung schaltete, so daß also nicht jedesmal die volle Leistung geschaltet wurde. Beide Arten der Regelung haben sich bewährt.

Es werden dann noch Stromverbrauchszahlen von verschiedenen elektrisch beheizten Wohnungen, die über mehrere Jahre beobachtet wurden, genannt. Leider sind spezifische Werte, bezogen auf die Größe der Wohnräume oder auf den Anschlußwert, nicht angegeben. Um den Stromverbrauch herabzusetzen und die einzelnen nebeneinander liegenden Wohnungen in ihrem Wärmeverbrauch abzugrenzen, wurden bei einigen die Außen- und Trennwände mit Alfol und Torfotektplatten abgedämmt und Doppelfenster eingebaut. Diese Maßnahme brachte Ersparnisse von etwa 40% gegenüber den nicht isolierten Wohnungen. Diese Ersparnisse dürften sich besonders bei aussetzendem Betrieb bemerkbar machen, bei dem sonst die Einsparung an Strom durch das Abschalten infolge der Wärmekapazität der Wände nicht so hoch wird, wie man allgemein erwartet. Praktische Versuche bei aussetzendem Betrieb sollen noch angestellt werden. *Kd.*

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung

DK 621.317.79 : 551.594.221

Blitzaufzeichnungsgeräte. [Nach J. H. Hagenguth, Gen. Electr. Rev. 43 (1940) S. 195 u. 248; 14½ S., 31 B.]

Die bisherigen Gewittermessungen an Freileitungen mit Kathodenstrahloszillographen und Stahlstäbchen und anderseits die Photographie von Blitzen auf bewegten Filmen haben bisher noch keinen genügenden Einblick in die Natur der Blitzentladungen gegeben, zumal es nur in seltenen Fällen gelungen ist, Blitzeinschläge in Freileitungen in unmittelbarer Nähe der Einschlagstelle zu messen. Daher wurden Untersuchungen der Blitzeinschläge in den Turm des Empire State Building in New York durchgeführt, dessen Spitze öfter von Einschlägen getroffen wurde[2]). Im Turm des Gebäudes sind die Oszillographen-Meßeinrichtungen aufgestellt, während die Blitze von einem rd. 730 m entfernten Ort photographiert werden. Alle Meßeinrichtungen arbeiten weitgehend selbsttätig. Die Oszillographen werden von Hand nur zu Anfang und Ende der Gewitter bedient. Bei den drei verschiedenen photographischen Aufnahmegeräten können die belichteten Filme schnell gewechselt werden.

Oszillographische Meßeinrichtungen

Photographische Aufnahmen von Mehrfach-Blitzschlägen zeigen, daß eine große Zahl von Einzelentladungen in Zeit-

[1]) ETZ 60 (1939) S. 401.
[2]) ETZ 60 (1939) S. 341.



räumen von einigen 1000 µs aufeinander folgen, und daß im Blitzkanal für Bruchteile von Sekunden noch geringere Ströme nachfließen. Die Blitzströme liegen in der Größe von einigen 100 bis einigen 100 000 A. Für die Aufzeichnung werden daher zwei Oszillographen verschiedener Bauart benutzt. Große Ströme von kurzer Dauer bis zu 100 µs werden mit einem Kathodenstrahloszillographen gemessen. Hierfür dient ein abgeschmolzener Oszillograph mit Glühkathode bei 10 bis 11 kV Erregerspannung, Steuergitter, elektrischer Ablenkung und Photographie des auf dem Leuchtschirm erzeugten Bildes. Die an einem im Blitzstromkreis liegenden Widerstand abgegriffene Spannung wird den Ablenkplatten zum Ausgleich der Ansprechzeit des Auslöse- und Zeitkreises über ein Verzögerungskabel zugeführt, das aus einem Bündel von Kupferrohren mit konzentrisch frei liegenden Kupferleitern besteht. Der Wellenwiderstand des Kabels beträgt 118 Ω und seine Länge entspricht mit der Zuleitung (28,4 Ω Wellenwiderstand) einer Laufzeit der Welle von 2,20 µs, so daß vor Beginn des Vorganges noch eine Nullinie von 1,5 µs geschrieben wird. Der 35 mm breite Film läuft dauernd mit einer Geschwindigkeit von 17 mm/s. Überlagert ist noch eine kreisförmige Bewegung durch Drehen der Linse mit 4 U/s auf einem Kreis von 38 mm Durchmesser, so daß der stehende Schreibstrahl auf dem Film eine Spirale beschreiben würde. Jedesmal, wenn ein Oszillogramm aufgeschrieben wird, locht eine Magnetspule den Film; es brauchen daher nur diese Stellen herausgeschnitten und entwickelt zu werden. Außerdem wird durch ein Uhrwerk eine Zeitmarkierung vorgenommen. Der Meßwiderstand, an dem der hindurchfließende Blitzstrom die Ablenkspannung für den Oszillographen hervorruft, ist in die Turmspitze, der Antenne eines Kurzwellensenders, eingebaut. Da Ströme von 10 000 bis 200 000 A bei einer höchsten Ablenkspannung von 1200 V mit genügend großem Ausschlag aufgezeichnet werden müssen, liegt zu einem aus mehreren übereinanderliegenden Scheiben bestehenden festen Widerstand von 0,015 Ω ein spannungsabhängiger Thyritwiderstand (u = konst. · $i^{-0,28}$) parallel, der es gestattet, Ströme im Größenverhältnis von 1 : 40 mit genügender Genauigkeit zu messen. Parallel zu diesem Widerstand liegt ein zweiter mit größerem Widerstandswert, der zum Messen der vorwiegend niedrigeren Ströme von 50 bis 200 000 A in einem Größenverhältnis von 1 : 4000 mittels des zweiten Oszillographen, einer Galvanometerschleife, dient. Die Galvanometerschleife liegt in Reihe mit einem festen Widerstand besonderer Bauart, zu dem in einzelnen Teilen spannungsabhängige Thyritwiderstände parallel liegen. Bis 10 000 A Blitzstrom ist die Auswertbarkeit dieser Oszillogramme gut, darüber hinaus wird sie wegen der Zusammendrängung des Maßstabes ungenau.

Der zweite Oszillograph zum Aufzeichnen der im Blitzkanal fließenden niedrigen Ströme von längerer Zeitdauer ist ein Schleifenoszillograph mit einer Galvanometerschleife von annähernd 10 000 Hz Eigenfrequenz, nur daß als Lichtquelle eine Glimmlampe großer Helligkeit (Neon-Kraterlampe) benutzt wird, die erst bei Beginn des aufzuzeichnenden Vorganges über eine besondere Schaltung zündet und am Ende des Vorganges wieder erlischt. Die Filmtrommel hat einen Durchmesser von 760 mm und macht 57,3 U/s (Zeitmaßstab 440 µs/mm); die Filmbreite beträgt 250 mm. Nach jeder Aufzeichnung wird die Filmtrommel durch einen Schraubentrieb um 10 mm weiter seitwärts geschoben. Auf diese Weise können nacheinander 15 Vorgänge aufgeschrieben werden, die sich gut voneinander trennen lassen. Die ganze Meßeinrichtung ist in einem lichtdichten Kasten eingebaut.

Photographische Aufnahmeeinrichtungen

Um den einzelnen Blitzschlag genau untersuchen zu können, ist ein Aufnahmegerät mit hoher Filmgeschwindigkeit notwendig, während anderseits die mehrfachen Blitzschläge in Zeiten von 0,1 bis 1 s mit langsamer Geschwindigkeit aufzunehmen sind.

Das Gerät mit hoher Filmgeschwindigkeit entspricht grundsätzlich dem von Boys früher verwendeten. Zwei Linsen der Brennweite 35 mm mit Blende 2,8 und Prismensysteme sind symmetrisch zur Achse innerhalb der sich drehenden Filmtrommel, die den Film auf der Innenseite trägt, so angeordnet, daß zwei gegenüberliegende Blitzbilder mit entgegengesetzter Aufzeichnungsrichtung entstehen. Durch Überlagern der Bilder im Anfangspunkt des Blitzes läßt sich aus dem Abstand gleicher Punkte der Blitzbahn in den beiden Bildern bei bekannter Entfernung des Blitzschlages die Vorwachsgeschwindigkeit des Blitzes berechnen. Die Filmgeschwindigkeit kann bis auf 1 mm in 8 µs gesteigert werden (1000 bis 10 000 U/min der Trommel); es genügt aber eine Geschwindigkeit von 1 mm in 22 µs (ganze Filmlänge 0,0175 s), die für die Aufnahmen benutzt wird. Infolge der Fliehkraft legt sich der Film von selbst fest an die Innenwandung der Trommel an, so daß Einspannvorrichtungen nicht notwendig sind. Auf dem 151 mm breiten Film können durch axiales Verschieben der Filmtrommel gegenüber dem Linsensystem nacheinander sieben getrennte Aufnahmen gemacht werden.

Bei den Aufnahmeeinrichtungen mit geringerer Geschwindigkeit ruht der Film von 203 × 254 mm² Größe in gewöhnlichen Kassetten und die Linse mit 78 mm Brennweite und Blende 4,5 dreht sich davor um den Mittelpunkt auf einem Halbmesser von 73 mm. Im Mittelpunkt selbst steht die gleiche Linse fest, so daß man auf derselben Platte das ruhende und das zeitlich auseinandergezogene Blitzbild erhält. Von den zwei Geräten dieser Art macht die Linse des einen 1 Umdrehung um den Mittelpunkt in 2 s und die des anderen in 0,5 s. Aus dem einen Bild erhält man einen Gesamtüberblick des zeitlichen Verlaufes der einzelnen Blitzschläge, während man aus dem anderen genauere Einzelheiten entnehmen kann. Die Schwärzung der Filme erlaubt im Vergleich mit aufgenommenen Oszillogrammen Rückschlüsse auf die Stromstärke im Blitzkanal. Allerdings wird die Schwärzung durch verschiedene Umstände, wie z. B. Luftfeuchtigkeit, Anstrahlen der Wolkendecken durch die Stadtbeleuchtung u. a. verändert. Zur Ausschaltung dieser Einflüsse werden Meßeinrichtungen entwickelt[1]. *Btz.*

Meßgeräte und Meßverfahren

DK 621.317

Gleichrichtungsbedingungen und Skalenverlauf. Ein Beitrag zur Frage der Meßbereichserweiterung von Gleichrichter-Instrumenten. [Nach H. F. Grave, Arch. Elektrotechn. 35 (1941) H. 4, S. 245; 13 S., 16 B.]

Das Verhalten eines Gleichrichter-Meßgerätes wird maßgebend durch die Gleichrichtungsbedingungen beeinflußt. Diese sind vor allem durch die Schaltung und Bemessung der auf der Wechselstromseite angeordneten Widerstände gegeben. Eine Kennzeichnung der Gleichrichtungsbedingungen gelingt auf dem Umweg über eine Untersuchung des Skalenverlaufs, der als ihr Abbild angesehen werden darf. Dabei ergibt sich, daß zu ihrer zahlenmäßigen Festlegung die Kenntnis folgender drei Größen erforderlich ist:

1. einer mit „Bedingungswiderstand" bezeichneten Größe, die sich aus der Schaltung und Bemessung der Wechselstromseite ergibt,
2. des vom Gleichrichter bei Endausschlag aufgenommenen Stromes und
3. der Gleichrichterbürde.

Jede „Grundschaltung" (Schaltung eines Meßbereichsmessers) kann in die einfache Schaltung eines Spannungsmessers transponiert werden, dessen Vorwiderstand durch den Bedingungswiderstand der ursprünglichen Schaltung gegeben ist. Formeln für die Berechnung des Bedingungswiderstandes der wichtigsten Grundschaltungen sind in einer Tafel zusammengestellt.

Die Brauchbarkeit der oben angegebenen Kennzeichnung versucht der Verfasser dadurch zu beweisen, daß er sie einer eingehenden Untersuchung des für Mehrbereich-Instrumente wichtigen Skalendeckungsproblems zu Grunde legt. Skalendeckung tritt dann ein, wenn der Bedingungswiderstand in allen Bereichen von gleicher Größe ist. Der bei nicht einheitlichen Gleichrichtungsbedingungen auftretende Skalendeckungsfehler kann errechnet werden.

Zahlreiche Schaltungen für Mehrbereichinstrumente werden vom Verfasser auf Skalendeckung und auf Eigenverbrauch untersucht. Der in steigendem Maße in Gleichrichtermeßgeräte eingebaute Meßwandler wird dabei besonders berücksichtigt.

Fernmeldetechnik

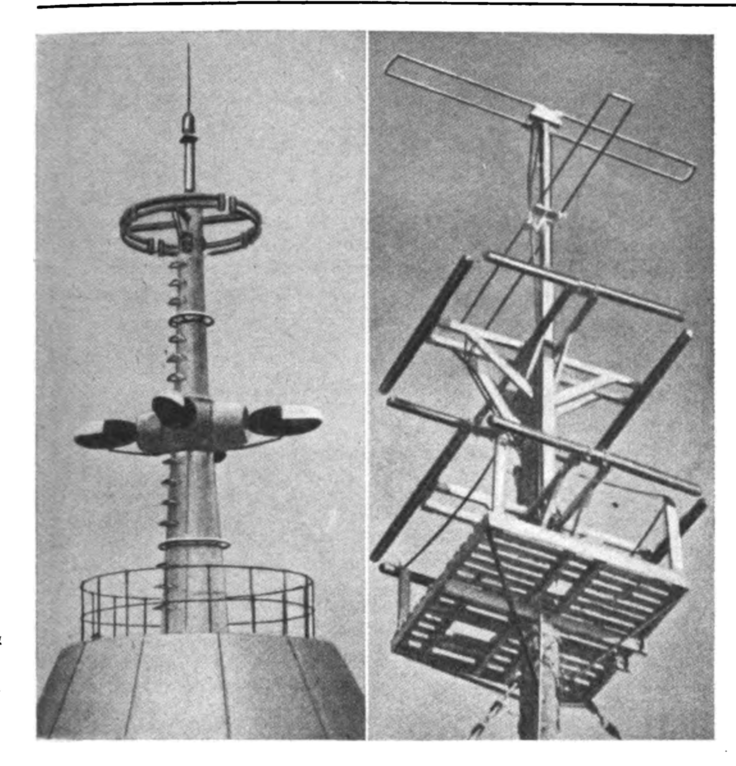
DK 621.397.5

Fernsehen. [Nach G. R. Town, Electr. Engng. 59 (1940) S. 313; 9½ S., 10 B.]

Am 30. 4. 1939 während der Weltausstellung wurde in New York der öffentliche Fernsehdienst von der National Broadcasting Company aufgenommen, und inzwischen senden regelmäßig drei Stationen in den Vereinigten Staaten Fernsehprogramme. Auf Grund dieser Tatsache gibt der Verfasser einen Überblick über die Entwicklung und den gegenwärtigen Stand der amerikanischen Fernsehtechnik. Er bespricht die ersten Versuche, die in den Vereinigten Staaten 1923 von Jenkins unternommen wurden. Die Entwicklung bekam 1930 einen starken Auftrieb durch die Erfindung des rein elektronischen Bildzerlegers von Farnsworth und 1933 des Elektronenstrahlabtasters von Zworykin. Im Herbst 1938 wurde dann ein Standardschema für die Übertragung und Synchronisierung

[1] Das Ergebnis der bisherigen Versuche ist von K. B. Mc Eachron in Franklin Inst. J. 227 (1939) S. 149 beschrieben.





Links Ton- und Bild-Antennen auf dem Empire State Building in New York City; rechts kombinierte Frequenz-Modulation- und Fernseh-Ton-Antenne auf dem Helderberg bei Schenectady, N. Y.

Bild 2. Fernseh-Sende-Antennen.

der Fernsehsignale eingeführt. Man glaubte damals an ein großes Publikumsinteresse und erwartete einen großen Fernsehempfängerabsatz. Obwohl das Interesse allgemein sehr groß war, blieb jedoch der Absatz von Fernsehempfängern weit hinter den Erwartungen zurück. Die Ursachen hierfür liegen einmal in dem bis heute noch relativ hohen Preis von Fernsehempfängern sowie in den ungewöhnlich großen Kosten eines guten Fernsehprogramms, die in Amerika bekanntlich ausschließlich durch die Firmenreklame aufgebracht werden müssen. Da nun in Amerika bisher nur wenige Fernsehempfänger (am 1. 5. 40 schätzungsweise 3000 in New York) aufgestellt sind, halten die Firmen noch mit größeren Ausgaben für Fernsehreklamesendungen zurück. Das infolgedessen zwangsläufig mäßige Fernsehprogramm wiederum hindert den Empfängerabsatz. Trotzdem hofft man diese Schwierigkeit in Kürze durch großzügige Investitionen überwinden zu können.

Der Artikel behandelt weiter im einzelnen das Prinzip der heute gebräuchlichen Fernsehsysteme, insbesondere der Bildgeberapparaturen mit Elektronenstrahlabtastern, der drahtlosen Ultrakurzwellensendung (Bild 2), der Synchronisierung, der Dezimeterrelaisübertragung sowie der Fernsehempfängerkonstruktion. *Wss.*

DK 621.396(047) (73/79)

Bericht über die 15. Tagung des Institute of Radio Engineers. [Nach Electronics, N.Y. 13 (1940) S. 17; 9 S., 15 B.]

Vom 27. bis 29. 6. 1940 wurde in Boston die 15. Jahrestagung des IRE abgehalten. Das umfangreiche, durch aktuelle Vorführungen ergänzte Programm wurde in sieben Gruppen vorgetragen; außerdem wurden mehrere Industrielaboratorien und Lehranstalten besichtigt, worüber im folgenden berichtet wird.

Der gegenwärtige Stand und die Aussichten der Mikrowellenübertragung wurde von W. L. Barrow in einem durch zahlreiche Versuche ergänzten Vortrag behandelt. Mit einem Magnetron-Generator für 8,3 cm Wellenlänge wurden die optischen Eigenschaften ultrakurzer Wellen vorgeführt, wie Reflektion durch Metallplatten und Einfluß der Polarisationsrichtung beim Durchgang der Wellen durch ein Gitter aus Paralleldrähten. Zum Empfang wurden kleine Kristalldetektoren mit Niederfrequenzverstärkung und Lautsprecher verwendet. Mit 1,5 cm-Wellen (20 000 MHz), die ebenfalls mit einem Magnetron erzeugt wurden, konnten ähnliche Versuche gezeigt werden, z. B. die Erzeugung von Richtstrahlen mittels einer Glaslinse bzw. einem sphärischen Spiegel. Ferner wurde die Ausbreitung ultrakurzer Wellen in Hohlleitern von rundem und rechteckigem Querschnitt und die Filterwirkung derartiger Leiterstücke vorgeführt. Dann wurde die Wirkungsweise von Hornstrahlern zum Erzeugen eines gerichteten Strahles erklärt und in Verbindung mit einem Triodensender für 10 cm Wellenlänge eine Musikübertragung durchgeführt. Bei der Vorführung eines Modelles für die Leitstrahlerzeugung für Luftfahrtzwecke wurde ein abgeschmolzenes Klystron für 10 cm Wellenlänge bei 5 W Leistung verwendet. Zum Schluß wurde ein Hochleistungs-Klystron für 42 cm Wellenlänge mit einer abgegebenen Hochfrequenzleistung von 200 bis 300 W in Verbindung mit einem größeren Hornstrahler gezeigt.

Auf dem Gebiete der Ultrahochfrequenzmessungen berichtete ein anderer Vortragender über Feldstärke- und Ausbreitungsmessungen bei 2 und 4 MHz bei einem optischen Weg von 63 km. Dabei werden die kurz- und langzeitigen Feldstärkeschwankungen zugleich mit den atmosphärischen Änderungen angegeben und die Zusammenhänge aufgezeichnet. Erzeugen, Gleichrichten und Messen im Bereich von 3000 bis 4000 MHz behandelte ein anderer Vortrag. Bei dem verwendeten Magnetron-Generator war es zunächst schwierig, eine gute Abschirmung durchzuführen, da der Schirmkasten bei diesen kurzen Wellenlängen ähnlich wie ein Hohlraumresonator wirkt. Zur Vermeidung des Energieaustritts durch Spalten des Schirmkastens dienten Eisenspäne mit gutem Erfolg. Ferner wurden in diesem Frequenzbereich Vergleichsmessungen von Empfindlichkeit, Eingangswiderstand und Bandbreite bei Dioden-, Magnetron-, Kristall- und geschwindigkeitsgesteuerten Gleichrichtern gezeigt. Die Verwendung zweier neu entwickelter UKW-Tetroden der Strahltype in einem anodenspannungsmodulierten Sender ergibt bei 108 MHz eine Hochfrequenzleistung von 1 kW. Diese Röhren sind luftgefüllt und besitzen einen besonderen Metallschirm, der einen niederohmigen Anschluß des Schirmgitters ermöglicht. In einem abschließenden Vortrag wurde ein Diathermiemeßgerät behandelt, das die vom Patienten aufgenommene Hochfrequenzleistung unmittelbar anzeigen soll. Dabei wird ein äquivalenter Ersatzwiderstand mit einem Kalorimeter an Stelle des Patienten zur Eichung des Instrumentes benutzt.

Außer über eine Nachbeschleunigungs-Oszillographenröhre mit erhöhter Ablenkempfindlichkeit und einen direkt gekoppelten Oszillographenverstärker mit Phasenumkehr wurde über ein Verfahren zur Leistungsmessung von Quarzfiltern mit der Braunschen Röhre und zur Bestimmung des Gütefaktors des Quarzkristalles als Besonderheiten der Geräteentwicklung berichtet. Die Messungen der Permeabilität und der Verluste von Eisenkernen in Abhängigkeit von der Magnetisierung geschahen in einem magnetischen Joch mittels eines Verstärkers und einer Gleichrichterbrücke als Nullzeiger bis zu besonders kleinen Magnetisierungsströmen. Mittels einer modifizierten Scheringbrücke können kleine Impedanzen bei den Frequenzen von 400 kHz bis 30 MHz gemessen werden, wobei Wirk- und Blindwiderstand direkt in Ohm abgelesen werden. Ferner wurde über Blindwiderstandsmessungen an Spulen in Verbindung mit einer Paralleldrahtleitung bei 100 MHz berichtet. Zwei Vortragende behandeln Fragen des Elektronenmikroskops. Während in dem einen Vortrag der allgemeine Aufbau und die erzielbare Vergrößerung eines aufgeführten Gerätes geschildert wurde, befaßte sich der andere Vortrag mit den Hilfseinrichtungen zur Konstanthaltung der Elektronenbeschleunigungsspannung und des Magnetisierungsstromes für die Linsenspulen während der bis zu 30 s dauernden Belichtungszeit. Mit Hilfe von mehrstufigen Röhrenreglern wurden bei Elektrodenspannungen bis zu 100 kV die auftretenden Schwankungen auf etwa 1/15 000 der Gesamtspannung und bei dem Magnetisierungsstrom auf 1/25 000 herabgesetzt.

In einem zusammenfassenden Bericht über den Luftfahrtfunk und die von der amerikanischen Luftwaffe verwendeten Antennenformen wurden Messungen des Antennenwiderstandes und der gerichteten Strahlungen behandelt sowie Modellversuche für den durch Richtstrahlung erzeugten Gleitweg eines Flugzeuges gezeigt. Eine neue Theorie über das Entstehen von elektrischen Störungen beim Durchfliegen von Regen und Schnee wurde aufgestellt und gezeigt, wie durch Benutzen eines geschirmten Rahmens und eines nachgeschleppten Entladungsdrahtes die Störungen verringert werden können. Von seiten der Luftwaffe wurde auch über die Gründe der zunehmenden Anwendung der Ultrakurzwellen im Flugfunk berichtet. Darin wird insbesondere auf die Vorteile bei kurzen Entfernungen hingewiesen, durch die die Mittelwellensysteme verdrängt wurden. Im transkontinentalen Verkehr sind dagegen

die Abstände der Stationen für die Verwendung ultrakurzer Wellen meistens zu groß. Vorläufige Arbeiten mit Frequenzmodulation zeigten, daß diese für Flugfunkverbindungen keine großen Vorteile gegenüber der Amplitudenmodulation aufweist. Außerdem wurde über zwei Ausführungsformen des Metcalf-Blindlandesystems, bei dem Hornstrahler[1]) zur Erzeugung des Gleitweges benutzt werden, sowie über einen für diesen Zweck gebauten 700 MHz-Empfänger berichtet. Ein anderer Vortrag beschäftigte sich mit einem System, bei dem auf einer Braunschen Röhre der Ort des Empfängers im Verhältnis zu drei Sendern von 125 MHz ständig überwacht werden kann. Zum Schluß wurde über ein Orientierungssystem berichtet, in dem ein durch fünf verschieden gesteuerte Vertikalantennen erzeugter umlaufender Richtstrahl verwendet wird. Auch bei diesem Verfahren wird die Richtung zum Sender auf dem Leuchtschirm einer Braunschen Röhre sichtbar gemacht. Außerdem gibt ein Indikator an, um welchen Wert die Abweichung des Flugzeuges von der gewünschten Richtung zu korrigieren ist.

Aus den Vorträgen über Röhren sei nur auf einige Themen hingewiesen. Wie der Wirkungsgrad eines Leitungsverstärkers insbesondere in C-Schaltung verbessert werden kann, wenn dem Gitter- oder Anodenkreis die zweite oder dritte Harmonische der zu verstärkenden Wechselspannung in der richtigen Phase zugeführt wird, wurde gezeigt. Ferner wurde die Wirkungsweise einer neuen Frequenzverdopplerschaltung, die Bestimmung der günstigsten Arbeitsbedingungen eines C-Verstärkers sowie der Einfluß der Raumladung auf die Kennlinien von Hochleistungsröhren besprochen. Zwei Vortragende beschäftigten sich mit der Frage der Luftkühlung von Senderöhren höherer Leistung. An experimentell gefundenen Ergebnissen wurde bewiesen, wieweit die Rechnungen Gültigkeit haben, und eine Kühlanlage für Röhren bis zu 30 kW besprochen. Zum Schluß dieser Reihe fand eine Diskussion statt, in der Fragen der Bemessung, des Aufbaus, der auftretenden Sekundäremission und die zulässigen Überlastungen behandelt wurden.

Die Fernsehentwicklung wurde durch einen Vortrag über einen transportablen Fernsehsender für Außenaufnahmen gekennzeichnet, der bei 300 MHz 25 W liefert. Diese Frequenz wird durch 18fache Frequenzvervielfachung einer kristallgesteuerten Oszillatorstufe gewonnen. Zwei neue Speicherröhren wurden besprochen. Die eine einfachere Ausführung ist für den Amateurbetrieb bestimmt und ist dementsprechend billig; die andere ähnelt der Standardröhre und ist wegen ihrer Farbempfindlichkeit für Außenaufnahmen geeignet. In zwei Vorträgen wurde ein neues Synchronisiersystem sowie ein Fernsehverfahren für Bildreproduktionen behandelt. Auf die Beschreibung einer in Long Island aufgestellten 500 MHz-Fernsehstation kleiner Leistung mit Frequenzmodulation für hohe Bildgüte folgte eine theoretische Erörterung des Einflusses der Filterkennlinien auf Störungen bei Einseitenbandübertragungen. Zum Schluß wurden besonders frequenzkonstante Generatoren gezeigt, die dem Vergleich mit kristallgesteuerten Sendern standhalten. Da die Frequenzänderungen meist eine Folge von Temperaturschwankungen sind, werden eigens ausgebildete Spulen mit Keramikkörpern sowie temperaturkompensierten Kondensatoren verwendet, um Temperatureinflüsse auszuschalten.

In zwei Vorträgen wurden theoretische Untersuchungen der Störungsverminderung bei Frequenzmodulationssystemen behandelt. Weiterhin wurde über eine neue Sendeanlage, die ohne temperaturkompensierte Quarze eine Frequenzstabilität von 0,0025% besitzt, sowie über die Eigenschaften von vier Frequenzmodulationssystemen mit verschiedenen Frequenzhüben berichtet. Die vier Sender wurden von vier eigenen Empfängern aufgenommen und aus diesen Messungen Angaben über die erforderlichen Filtereigenschaften für gleiche Störungen bei allen vier Systemen gewonnen. Eine größere Versuchsreihe von Vergleichsmessungen mit einem für Frequenz- und Amplitudenmodulation umschaltbaren Sender wurde behandelt. Dabei wurden Feldstärkemessungen bei verschiedenen Frequenzhüben sowie Interferenzstörungen zweier frequenzmodulierter Sender auf demselben Band, jedoch mit verschiedenen Feldstärken, vorgeführt. Im Anschluß an diese Vortragsreihe wurden die Einrichtungen eines frequenzmodulierten Rundfunksenders besichtigt. *Drg.*

[1]) S. a.: W. L. Barrow u. C. Shulman, Multiunit electromagnetic Horns, Proc. Inst. Radio Engrs., N. Y. 28 (1940) S. 130.

Physik

DK 538.565.4 : 538.522.3

Die Entdämpfung von Schwingkreisen durch Eisendrosseln. [Nach W. Taeger, Arch. Elektrotechn. 35 (1941) H. 4, S 193; 24 S; 5 B.]

Die früheren Untersuchungen an Schwingkreisen mit Eisendrosseln führten auf pseudoharmonische Differentialgleichungen, die nur angenähert zu integrieren waren. Durch Einführung einer Lösung nullter Ordnung gelingt es, die pseudoharmonische Form in die quasiharmonische zu überführen, deren Integration mit jeder beliebigen Genauigkeit durchführbar ist.

Macht man in der Differentialgleichung

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} + \frac{R}{\lambda}(1 + 3f\varphi^2)\frac{d\varphi}{dt} + \omega_0^2\varphi(1 + f\varphi^2) = 0,$$

(wobei R die Dämpfung, λ die Induktivität, ω_0 die Eigenfrequenz und f der Formfaktor der magnetischen Kennlinie ist) für das Feld φ den Lösungsansatz

$$\varphi = \frac{U_0}{\omega}\cos(\omega t + \psi)$$

und führt diesen Wert in die Ausdrücke

$$1 + 3f\varphi^2 \text{ bzw. } 1 + f\varphi^2$$

ein, so erhält man die quasiharmonische Differentialgleichung

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} + \frac{R}{\lambda}\left[P + \frac{3fU_0^2}{2\omega^2}\cos 2(\omega t + \psi)\right]\frac{d\varphi}{dt} + \omega_0^2\varphi\left[\frac{P+2}{3} + \frac{fU_0^2}{2\omega^2}\cos 2(\omega t + \psi)\right] = 0,$$

mit

$$P = 1 + \frac{3fU_0^2}{2\omega^2}.$$

Diese Gleichung laßt sich leicht auf die Hillsche Normalform bringen

$$\frac{d^2 y}{dt^2} + \nu^2[1 + k\Phi(\omega t)]\,y = 0,$$

wo k eine Konstante und $\Phi(\omega t)$ eine periodische Funktion von t mit der Periode ω bedeutet.

Das Integral für die freie Schwingung lautet nun

$$\varphi = e^{-\frac{R}{2\omega\lambda}\left[P\omega t + \frac{3fU_0^2}{4\omega^2}\sin 2(\omega t + \psi)\right]} \times \sqrt[4]{\frac{1 + k\Phi(0)}{1 + k\Phi(\omega t)}}\,[K_1\sin\delta(\omega t) + K_2\cos\delta(\omega t)],$$

wobei angenähert

$$\delta(\omega t) \approx \nu\left(t + \frac{k}{4\omega}\,\frac{\nu^2 + \omega^2}{\nu^2}\sin 2\omega t\right)$$

ist. Die Lösung der Differentialgleichung im labilen Bereich — der hier besonders interessiert — ist

$$\varphi = \sqrt[4]{\frac{1 + k\Phi(0)}{1 + k\Phi(\omega t)}}\left\{K_1 e^{\mu\chi(\omega t)}\, e^{-\left[\frac{R}{2\lambda}\int\left(P + \frac{3fU_0^2}{2\omega^2}\cos 2(\omega t + \psi)\right)dt - \mu\omega t\right]} \times \cos\left[\frac{1}{2}n\omega t + \frac{1}{2}n\chi(\omega t) - \frac{1}{2}\beta_n - \sigma\right] + K_2 e^{-\mu\chi(\omega t) - \left[\frac{R}{2\lambda}\int\left(P + \frac{3fU_0^2}{2\omega^2}\cos 2(\omega t + \psi)\right)dt + \mu\omega t\right]} \times \cos\left[\frac{1}{2}n\omega t + \frac{1}{2}n\chi(\omega t) - \frac{1}{2}\beta_n - \sigma\right]\right\}.$$

Man erkennt, daß für

$$\mu\omega t = \frac{R}{2\lambda}\int\left[P + \frac{3fU_0^2}{2\omega^2}\cos 2(\omega t + \psi)\right]dt$$

der Ausdruck für φ — wenn man von dem rasch abklingenden zweiten Summanden absieht — eine ungedämpfte Schwingung darstellt, da die Frequenzmodulation $\chi(\omega t)$ verschwindet und die Phase $1/2\,\beta_n + \sigma = -\psi_1$ wird. Der eingangs gemachte Lösungsansatz war also richtig, wenn man $K_1 = U_0/\omega$ setzt. $\left(\sqrt[4]{\frac{1 + k\Phi(0)}{1 + k\Phi(\omega t)}}\right.$ ist wegen der Kleinheit von k nur wenig von 1 verschieden$\left.\right)$.

Die Gleichung $\mu\omega = \frac{PR}{2\lambda}$ ist also als Bedingung für das Auftreten ungedämpfter Schwingungen anzusehen.

VERSCHIEDENES

BEKANNTMACHUNGEN

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker
(Eingetragener Verein)

Fernsprecher: 30 06 31 — Postscheckkonto: Berlin 213 12
Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00
Postscheckkonto der ETZ-Verlag G. m. b. H.: Berlin 223 84

Berufsbezeichnung Ingenieur

Die praktische Bedeutung der alten Streitfrage, wer die Berufsbezeichnung „Ingenieur" führen dürfe, ist im Zuge der Neuordnung der Technik mehr und mehr verblaßt. Seitdem die anerkannten technisch-wissenschaftlichen Organisationen im Nationalsozialistischen Bund Deutscher Technik (NSBDT.) zusammengeschlossen sind und jeder technisch Schaffende fest umrissene Voraussetzungen für die ordentliche Mitgliedschaft im NSBDT. zu erfüllen hat, bilden dessen technische Aufnahmebedingungen einen einheitlichen Bildungsrahmen für die Gemeinschaft der deutschen Ingenieure und damit logischerweise auch für die Berechtigung zur Führung ihrer Berufsbezeichnung.

Auf besonderen Antrag stellt die Reichswaltung des NSBDT. darüber auch eine Bescheinigung aus. Solch einen Antrag können alle diejenigen stellen, die den Aufnahmebestimmungen nach Ziffer 4 c bis 4 f des Vordruckes genügen, d. h. mangels Abschlußzeugnisses einer Hochschule oder Höheren Technischen Lehranstalt (Ingenieurschule) den Nachweis ausreichender ingenieurmäßiger Berufstätigkeit oder Leistungen zu erbringen haben. Der Antrag auf Zuerkennung der Berufsbezeichnung Ingenieur ist mit den notwendigen Belegen und persönlichen Unterlagen an die für den Wohnsitz zuständige Gauwaltung des NSBDT. zu richten, wo er vor der Weitergabe durch einen besonderen Feststellungsausschuß überprüft wird.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
Der Geschäftsführer
Viefhaus

Bezirk Berlin

vormals Elektrotechnischer Verein
(Gegründet 1879)

Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 I, VDE-Haus
Fernsprecher: 30 06 31

Arbeitsgemeinschaften (Technischer Nachwuchs)

Die Teilnahme ist frei. VDE-Mitgliedschaft ist nicht Bedingung.

Allgemeine Elektrotechnik. Leiter: Dr.-Ing. V. Aigner VDE.
26. Mai 1941, 18⁰⁰, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer, „Hochfrequenznachrichtentechnik in Elektrizitätswerksbetrieben". Vortragender: Ingenieur K.-H. Podszek.

Fernmeldetechnik. Leiter: Dipl.-Ing. P. Mentz VDE.
27. Mai 1941, 18⁰⁰, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. Vortragsreihe: Fernsprechtechnik. Ausspracheabend.

Meßtechnik. Leiter: Dr.-Ing. H. F. Grave VDE.
28. Mai 1941, 18⁰⁰, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. Vortragsreihe: Feinmeßtechnik. „Wechselstrom-Kompensatoren". Vortragender: Dipl.-Ing. E. Schamal VDE.

Hochfrequenztechnik. Leiter: Dr.-Ing. F. W. Gundlach VDE.
29. Mai 1941, 18⁰⁰, Hörsaal HG 141 der Technischen Hochschule zu Charlottenburg. Vortragsreihe: Trägerfrequenztechnik. „Drahtfunkanlage (mit Vorführungen)". Vortragender: Dipl.-Ing. A. Wiessner.

VDE Bezirk Berlin
vormals Elektrotechnischer Verein
Der Geschäftsführer
Burghoff

Sitzungskalender

VDE Bezirk Südsachsen, Chemnitz. 27. 5. (Di), 19³⁰, Staatl. Akademie für Technik: „Werkstoffuntersuchungen mit Röntgenstrahlen". Dipl.-Ing. Feuerhake.

VDE Bezirk Ostsachsen, Dresden. 29. 5. (Do), 18³⁰, El. Inst.: „Die neuen Meßmethoden bei der geophysikalischen Erforschung des deutschen Bodens". Prof. Dr. Meißer.

PERSÖNLICHES

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten)

E. Kloss †. — Am 7. April 1941 verschied im 77. Lebensjahr der Direktor i. R. Ernst Kloss in Berlin. Sein Name ist mit den ersten Anfängen der pommerschen Stromversorgung verbunden. Von der Württembergischen Staatsbahn kommend, trat er 1892 als Oberingenieur zu den im Entstehen begriffenen Stettiner Elektrizitätswerken über. Hier entwickelte er die allgemeine elektrische Straßenbeleuchtung zur notwendigen Betriebssicherheit, führte bereits eine 3 min-Beleuchtung der Treppenhäuser und manche andere Neuerungen ein. Am 1. 1. 1896 wurde er Direktor der neu gegründeten Altdammer Elektrizitätswerke, denen auch eine Akkumulatorenfabrik angegliedert war. Von Altdamm aus baute und betrieb er die Werke Gollnow, Greifenhagen und Kammin. Im Herbst 1899 wurden die vier Werke in einer neuen Gesellschaft in Berlin zusammengefaßt, deren alleiniges Vorstandsmitglied Kloss bis zu seiner Pensionierung im Jahre 1930 wurde. Im Laufe der Jahre wurden noch weitere neun Städte elektrisiert; auch diese Werke wurden von der „Gesellschaft für Verwaltung elektrischer Betriebe" weiter betrieben, die später unter Wahrung ihrer Selbständigkeit in den Konzern der „Rheinelektra", Mannheim, übernommen wurde. Kloss war lange Jahre Delegierter der Berufsgenossenschaft und Mitglied des Reichswirtschaftsgerichts und erhielt für seine vielfache Tätigkeit das Kriegsverdienstkreuz. Vielen jüngeren Fachgenossen ist dieser tüchtige Ingenieur mit seinem vornehmen Charakter ein väterlicher Freund und Berater gewesen.

E. Kloss †

L. Binder. — Am 26. Mai vollendet Professor Dr.-Ing. Ludwig Binder VDE, Direktor des Instituts für Starkstrom- und Hochspannungstechnik an der Technischen Hochschule Dresden, sein 60. Lebensjahr. Nach dem Studium an der Technischen Hochschule München war er anschließend fast fünfzehn Jahre bei den Siemens-Schuckertwerken in Berlin tätig, zuerst als Berechnungs-Ingenieur und Leiter des Maschinenversuchsfeldes, dann im Werk für Nieder- und Hochspannungsgeräte als Leiter des Hochspannungslaboratoriums und der Prüffelder, und befaßte sich schließlich in der Kriegs- und Schiffbautechnischen Abteilung mit der Planung der Haupt- und Hilfsantriebe für Unterseeboote. Aus dieser Zeit liegen eine Anzahl von Veröffentlichungen über Fragen aus den genannten Gebieten vor, die zu einem großen Teil in der ETZ erschienen sind. Als grundlegend seien genannt die Arbeiten über Wärmeabfuhr in elektrischen Maschinen, Stromwendung und Wendepole, Übergangswiderstand an den Kontakten und Schleifbürsten, Kurzschlußerwärmung in Kraftwerken und Überlandnetzen und die ersten Messungen über die Steilheit der Wanderwellenstirn.

Nach kurzer Lehrtätigkeit an der Technischen Hochschule Darmstadt, wohin er am 1. April 1919 berufen wurde, folgte er einem Ruf an die Technische Hochschule Dresden, um hier die Gebiete Elektromaschinenbau und Elektrische Anlagen zu

vertreten. Unter seiner Leitung entstanden an der Hochschule großzügig ausgebaute Anlagen für Forschungsarbeiten, insbesondere eine Hochspannungshalle größten Ausmaßes mit Einrichtungen für 2 Mill V Wechsel- und Gleichspannung gegen Erde und 4 Mill Stoßspannung. Viele Arbeiten auf dem Gebiet der Wanderwellenvorgänge, über das Verhalten der Überspannungsschutzgeräte und die dielektrische Festigkeit von Isolierstoffen bei Beanspruchung durch Spannungsstoß wurden von ihm und seinen zahlreichen Schülern durchgeführt. Eine Reihe von Veröffentlichungen in der ETZ und dem Archiv für Elektrotechnik sind als Niederschlag dieser Forschungen entstanden.



L. Binder

Als Rektor der Technischen Hochschule Dresden stellte L. Binder sich mit Erfolg die schwierige Aufgabe, in der Zeit der größten politischen Gegensätze die Studentenschaft in einer großen Gemeinschaftsarbeit zusammenzuhalten. Die selten verliehene Ehrenmitgliedschaft der Dresdener Studentenschaft „für die verständnisvolle Mitarbeit in allen studentischen Fragen" bildet einen Beweis für seine starke Verbundenheit mit den jungen Kräften.

Im VDE ist er an hervorragender Stelle tätig. Außer der Mitarbeit in den Kommissionen war er 1924 Vorstand des Dresdener Elektrotechnischen Vereines und ist seit Jahren Vorstandsmitglied des VDE als Vertreter der Hochschule. Möge es dem Forscher und Lehrer Ludwig Binder vergönnt sein, noch viele Jahre rüstigen Schaffens zu erleben.

Ch. Krämer. — Am 21. Mai 1941 vollendete Herr Christian Krämer VDE, der viele Jahre in den AEG-Fabriken Brunnenstraße die Fabrik für Widerstände, Regelgeräte und Großgleichrichter leitete, sein 70. Lebensjahr. Die Starkstromtechnik verdankt dem aus Würzburg stammenden Jubilar viele wertvolle Anregungen und manche anerkannten Pionierleistungen. Nach dem Besuch der Elektrotechnischen Lehr- und Versuchsanstalt zu Frankfurt a. M. war Krämer vom Jahre 1892 bis 1897 in der Zähler- und Instrumentenfabrik der AEG tätig. Schon damals beschäftigte er sich mit der elektrischen Rudersteuerung, für die er viele Jahre später eine recht elegante Lösung fand. Nach kurzer Zugehörigkeit zu den Schuckert-Werken in Nürnberg arbeitete er vom Jahre 1898 ab mit größtem Erfolg bei den Felten-Guilleaume-Lahmeyer-Werken in Frankfurt a. M. Zahlreiche Patente auf fast allen Gebieten der Starkstromtechnik zeugen von seiner Schaffenskraft und seinem Vermögen, auch schwierige Probleme einfachen Lösungen zuzuführen. Nur einige seiner Arbeiten aus jener Zeit seien hier genannt: Die Entwicklung einer Hochspannungssicherung mit Expansionskammer, der Bau eines widerstands-zeitabhängigen Distanzrelais, die nach ihm benannte Konstant-Strommaschine, die u. a. für Schweißzwecke und Scheinwerferspeisung eine große Bedeutung gewann, die ebenfalls nach ihm benannte Regelkaskade in der Form der Umformerkaskade und in der Form der Kollektorkaskade, die eine verlustlose Regelung großer Asynchronmotoren gestattete. Bei der Übernahme der Lahmeyer-Werke durch die AEG im Jahre 1910 siedelte auch Krämer nach Berlin über. Nach einigen Arbeiten an der elektrischen Rudersteuerung, die diese zur Großeinführung in die Praxis reif machte, wurde ihm im Jahre 1911 die Entwicklung der Quecksilberdampf-Großgleichrichter übertragen. Seine große konstruktive Erfahrung auf dem Gesamtgebiet elektrischer Geräte kam ihm bei der Durchbildung der ersten Bauformen von Eisengleichrichtern sehr zustatten. Durch systematische Forschung überwand er die sich besonders in der ersten Zeit einstellenden Schwierigkeiten, die teils durch die Herstellung, teils durch die noch nicht genau bekannten Betriebsbedingungen verursacht waren. Stufenweise fortschreitend gelang es ihm, die Leistung der Stromrichtereinheiten immer weiter zu steigern und die Betriebssicherheit ständig zu erhöhen. Als Krämer im Jahre 1937 in den Ruhestand trat, konnte er auf eine 45-jährige überaus erfolgreiche Tätigkeit zurückblicken. Viele seiner Mitarbeiter und der große Kreis der Fachgenossen, die ihm im Laufe der letzten Jahrzehnte nahe traten, wünschen ihm noch einen langen, gesunden Lebensabend. F. Hillebrand VDE



Ch. Krämer

BUCHBESPRECHUNGEN

DK 621.39

Taschenbuch für Fernmeldetechniker. Von Obering. H. W. Goetsch. 8. verbess. Aufl. Mit 1222 B. i. Text, XV u. 787 S. im Format 125 × 176 mm. Verlag von R. Oldenbourg, München 1940. Preis geb. 16 RM.

Der Verfasser hat sich die Aufgabe gestellt, eine möglichst erschöpfende Zusammenstellung der in der neuzeitlichen Fernmeldetechnik zur Anwendung kommenden Apparate und Einrichtungen zu bringen. Zum Verständnis der Wirkungsweise der Fernmeldeapparate ist infolgedessen der 1. Teil des Buches der Einführung in die theoretischen Grundlagen der Elektrotechnik gewidmet. Die folgenden außerordentlich reichhaltigen Teile enthalten alles, was ein Fernmeldetechniker von der Apparatetechnik wissen will. Von den Stromversorgungsanlagen, den vielseitigen Signalanlagen, Uhrenanlagen usw. bis zur Telegraphentechnik, der Fernsprechtechnik und den Fernmeldeleitungen ist jeder wesentliche Teil erwähnt und in leicht verständlicher Weise beschrieben. Zuletzt ist noch einiges über die Montage der Anlagen und die einschlägige Meßtechnik erwähnt worden.

Die Einzeldarstellung der Apparate und Apparatteile ist sehr erschöpfend und durch Bilder eingehend erläutert. Es sind nicht nur grundsätzliche Schaltbilder, sondern auch, wie z. B. in der Wählertechnik, Schaltungen mit allen Einzelheiten dargestellt. Anschaulich sind auch die zahlreichen Bilder von Apparaten und die Schaubilder der elektrischen Vorgänge.

Es ist weitgehend dem neuesten Stand der Technik Rechnung getragen worden. Erwähnt seien hierbei u. a. die Beschreibungen der Trockengleichrichter, Verkehrssignalanlagen, Synchronuhren, Springschreiber und Fernschreiber, der Fernwahlsysteme, Münzfernsprecher, der Trägerfrequenz-Telephon-Systeme usw.

Dieses Werk ist also ein Lehr- und Nachschlagebuch, das durch seinen reichhaltigen Inhalt ein ausgezeichnetes Hilfsmittel für den Fernmeldetechniker sowohl beim Studium als auch bei der Arbeit in der Praxis geworden ist. W. Pietsch.

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Prof. Dr.-Ing. W. Arndt, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 101

Dipl.-Ing. W. Hunsinger VDE, Frankfurt a. M., Schloßstr. 88

Abschluß des Heftes: 16. Mai 1941

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE (z. Z. im Felde)
G. H. Winkler VDE (z. Z. im Felde)
H. Hasse VDE und R. Henrichs VDI

Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 30 06 31.



Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

62. Jahrgang | Berlin, 29. Mai 1941 | Heft 22

Neuartige Gleichstromverstärker

(Mitteilung aus dem Institut für Schwingungsforschung der Technischen Hochschule Berlin)

Von R. Eberhardt, G. Nüßlein und H. Rupp, Berlin

DK 621.394.645.35

Übersicht*). Gleichstromverstärker für kleine Spannungen und Ströme werden beschrieben, die gegenüber den seither gebräuchlichen Verstärkern, wie Bolometer- und Photozellenkompensatoren, eine Reihe bemerkenswerter Vorzüge aufweisen, insbesondere kurze Einstellzeit, große Überlastbarkeit und Schüttelfestigkeit durch den Wegfall der empfindlichen Steuergalvanometer. Dadurch werden den Gleichstromverstärkern weitere Anwendungsgebiete erschlossen.

Anforderungen an Gleichstromverstärker

Die zunehmende Anwendung elektrischer Meßverfahren in der gesamten Technik hat in den letzten Jahren die Entwicklung betriebssicherer Gleichstromverstärker erforderlich gemacht. Bei vielen Betriebsmessungen stehen nämlich nur sehr geringe Meßleistungen zur Verfügung, die zur betriebssicheren Anzeige oder Registrierung verstärkt werden müssen. In zahlreichen Fällen soll durch die Meßgröße außerdem noch ein Regler gesteuert werden, der ebenfalls eine proportionale Verstärkung der Meßgröße erfordert. So ist z. B. eine direkte Anzeige und Regelung von p_H-Werten mit Glaselektroden nur unter Zwischenschaltung eines Gleichstromverstärkers mit sehr hohem Eingangswiderstand möglich.

Weitere Gründe zur Anwendung von Gleichstromverstärkern an Stelle von empfindlichen Meßsystemen, auch solchen in Verbindung mit Fallbügelanordnungen zum Registrieren oder Regeln, sind: Die häufig auftretende Notwendigkeit einer kurzen Einstellzeit, ferner die Möglichkeit, Betriebsmessungen unter erschwerten Bedingungen, wie z. B. in Eisenbahnmeßwagen, vorzunehmen.

Ein für Betriebsmessungen praktisch brauchbarer Gleichstromverstärker sollte außer einem konstanten Verstärkungsgrad unabhängig von Spannungsschwankungen der Stromquellen und von Röhrenalterung folgende Eigenschaften in sich vereinigen: Dauernde Nullpunktsicherheit ohne besonderen Einstellknopf, Überlastbarkeit und einfache Meßbereichumschaltung. Unter Nullpunktsicherheit sei dabei verstanden, daß bei Fehlen einer Eingangsspannung das am Ausgang des Verstärkers liegende Anzeigeinstrument dauernd auf Null zeigt, ohne daß der elektrische Nullpunkt an einem besonderen Drehknopf eingestellt zu werden braucht.

Entwicklung der Gleichstromverstärker

Die obigen Forderungen nach einem konstanten Verstärkungsgrad und Nullpunktsicherheit wurden zuerst durch eine von Schützler angegebene Anordnung erfüllt[1]). Das Grundprinzip seiner Anordnung besteht darin, daß man die zu verstärkende Spannung in einer Kompensationsschaltung mißt und von dem Nullgalvanometer dieser Schaltung selbsttätig den Abgleich vornehmen läßt. Dies geschieht dadurch, daß das richtkraftlose Galvanometer einen Strom oder eine Spannung, die einer Hilfsstromquelle entnommen werden, rückwirkungsfrei steuert und gegen die Meßspannung kompensiert.

Während Schützler als regelbaren Widerstand ein Bolometer verwendete, wird heute dazu meist eine Elektronenröhre benutzt; die oben erwähnte Hilfsstromquelle ist ihre Anodenbatterie. Als Endpunkt der sich auf Schützlers Erfindung aufbauenden Entwicklungsreihe liegt zur Zeit der Photozellenverstärker vor[2]).

Nachteile der bisherigen Gleichstromverstärker

Dieser an sich schon recht brauchbaren Lösung haften aber noch verschiedene Mängel an. Da das Steuergalvanometer möglichst wenig Leistung beanspruchen soll, ist es mechanisch empfindlich, so daß die Schüttelfestigkeit hierdurch begrenzt wird. Gleichzeitig liegen durch das verwendete Drehspulsystem Grenzen für die elektrische Überlastbarkeit und die Einstellzeit fest.

Ohne Zweifel stellt es einen technischen Fortschritt dar, wenn man das empfindliche Steuergalvanometer ausmerzen kann. Für piezoelektrische Messungen liegen schon seit längerer Zeit Röhrenverstärker mit galvanischer Kopplung vor. Derartige Verstärker besitzen zwar einen hochohmigen Eingangswiderstand, einen hohen Verstärkungsgrad und eine sehr kurze Einstellzeit, jedoch sind Änderungen des Verstärkungsgrades und Schwankungen des Nullpunktes nicht zu vermeiden. Somit sind galvanisch gekoppelte Gleichstromverstärker für Betriebsmessungen, soweit es sich nicht um Spannungen über 1 V handelt, nicht geeignet.

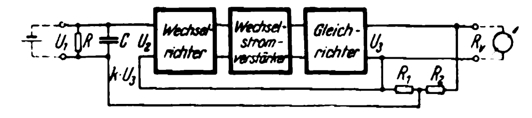


Bild 1. Neuartige Anordnung zur Verstärkung von kleinen Gleichspannungen.

Das neue Meßprinzip

Da sich Wechselspannungen mit Elektronenröhren leichter verstärken lassen, verwenden die Verfasser folgende Schaltungsanordnung[3]), die in Bild 1 dargestellt ist.

*) Eine ausführliche Arbeit, insbesondere über die Theorie der hier behandelten Verstärker, erscheint demnächst im Arch. Elektrotechn.

[1]) DRP. 519 159.
[2]) R. W. Gilbert, J. sci. Instrum. 7 (1936) S. 41.
[3]) DRP. a. vom 9. 10. 1937.

Die zu verstärkende Spannung U_1 wird einem Wechselrichter zugeführt, dessen Ausgangswechselspannung in einem Wechselspannungsverstärker verstärkt und dann von einem phasenempfindlichen Gleichrichter gleichgerichtet wird. Die Ausgangsgleichspannung U_3 speist den Verbraucher R_v, und gleichzeitig wird von ihr der Bruchteil $k\,U_3$ auf den Eingang mit solcher Polarität zurückgeführt, daß dieser der Eingangsspannung entgegengesetzt gerichtet ist. Somit liegt am Eingang des Wechselrichters eine Spannung U_2, welche die Differenz von U_1 und $k\,U_3$ darstellt. Es handelt sich hier also um eine Gegenkopplung, die in der vorliegenden Anordnung so weit getrieben wird, daß sie einer Kompensation der Eingangsspannung nahekommt.

Kompensation durch Gegenkopplung

Definiert man einen inneren Verstärkungsgrad V als $V = U_3/U_2$, so ergibt sich folgender Zusammenhang zwischen U_3 und U_1

$$U_3 = \frac{U_1}{k} \cdot \frac{1}{1 + \frac{1}{k\,V}} . \qquad (1)$$

Diese Formel besagt, daß für Werte von $k\,V \gg 1$ der äußere Spannungsverstärkungsgrad des Verstärkers dem Grenzwert $1/k$ zustrebt, also dem Widerstandsverhältnis $\frac{R_1 + R_2}{R_1}$. Der äußere Verstärkungsgrad bleibt auch praktisch konstant, wenn der innere Verstärkungsgrad V sich ändert. Ist z. B. der innere Verstärkungsgrad $V = 100\,000$ und $k = 0{,}001$, was einem äußeren Spannungsverstärkungsgrad von 1000 entspricht, so wird die Eingangsspannung U_1 durch den rückgeführten Teil der Ausgangsspannung bis auf 1 % kompensiert. Ändert sich der innere Verstärkungsgrad durch Röhrenalterung oder Netzspannungsschwankungen um beispielsweise 20 %, so schwankt der äußere Verstärkungsgrad infolge der Gegenkopplung nur noch um etwa 0,2 %. Dieses Beispiel zeigt, daß sich mit derartigen Verstärkern die Forderung nach Konstanz des Verstärkungsgrades durch Wahl eines geeigneten Gegenkopplungsfaktors beliebig genau erfüllen läßt.

Eine Spannungskompensation nach Bild 1 hat noch weitere Wirkungen, nämlich eine Erniedrigung des Ausgangsinnenwiderstandes und eine Erhöhung des Eingangswiderstandes. Der Ausgangswiderstand als Verhältnis von Leerlaufspannung und Kurzschlußstrom errechnet sich zu

$$R_i' = \frac{R_i}{1 + k\,V}, \qquad (2)$$

wobei R_i der Innenwiderstand ohne Kompensation sein soll. Da man mit Werten für $k\,V$ von etwa 100 bis 1000 rechnen kann, läßt sich durch die Kompensation eine beträchtliche Verringerung des Ausgangsquellenwiderstandes erreichen. Man ist dadurch in der Lage, dem Ausgang nach Belieben ein oder mehrere Meßinstrumente ohne merkliche Änderung der Anzeige parallelzuschalten.

Sinngemäß errechnet sich der Eingangswiderstand des Kompensationsverstärkers als Verhältnis von Eingangsspannung zu Eingangsstrom:

$$R_e' = R_e\,(1 + k\,V). \qquad (3)$$

Hierin bedeutet R_e den Eingangswiderstand des eigentlichen Verstärkers. Man erkennt aus Gl. (3), daß durch starke Gegenkopplung der Eingangswiderstand von Verstärkern erheblich gesteigert wird, wodurch es in vielen Fällen erst möglich ist, hochohmige Spannungsquellen zu messen. Schließt man z. B. einen selbstkompensierenden Spannungsverstärker an ein Normalelement an, so läßt sich eine unzulässige Strombelastung durch den hochohmigen Eingang ausschließen. Anderseits gestattet der sehr niederohmige Ausgang die Entnahme von einstellbaren Normalspannungen auch bei Belastung, deren Genauigkeit lediglich durch den Gegenkopplungsgrad gegeben ist. Die erzielbare Genauigkeit reicht für sehr viele Eichzwecke aus.

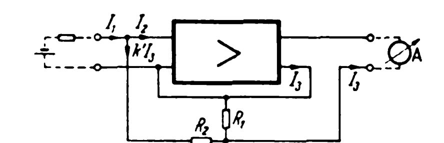


Bild 2. Anordnung zur Verstärkung von kleinen Gleichströmen.

Zur Verstärkung von kleinen Gleich**strömen** verwendet man mit Vorteil im Eingang eine **Strom**kompensationsschaltung. Bild 2 zeigt einen solchen Verstärker, wobei auf eine gesonderte Darstellung von Wechselrichter, Verstärker und Gleichrichter verzichtet wurde. Die Widerstände R_1 und R_2 bilden in diesem Falle einen „Stromteiler", der dem Eingang den Bruchteil $k' = \frac{R_1}{R_1 + R_2}$ des Ausgangsstromes zuführt. Dadurch wird der Eingangsstrom bis auf einen Restbetrag kompensiert, welcher durch den Wechselrichter fließt. Die Rechnung ergibt für diese Schaltung

$$I_3 = \frac{I_1}{k'} \cdot \frac{1}{1 + \frac{1}{k'\,V}}, \qquad (4)$$

$$R_i' = R_i\,(1 + k'\,V), \qquad (5)$$

$$R_e' = \frac{R_e}{1 + k'\,V} . \qquad (6)$$

Man erkennt, daß Gl. (4) der Gl. (1) entspricht, während Eingangs- und Ausgangswiderstand sich im umgekehrten Sinne ändern wie beim Spannungsverstärker. Die Herabsetzung des Eingangswiderstandes ist für Zwecke der Strommessung erwünscht. Der Ausgangswiderstand wird durch die Ableitung der rückgeführten Größe vom Ausgangsstrom grundsätzlich heraufgesetzt. Diese Eigenschaft hat für solche Zwecke Bedeutung, bei denen nach Belieben mehrere Strommesser in Reihe an den Ausgang angeschlossen werden sollen.

Eine Schaltung zur Spannungsverstärkung, bei der vom Ausgangsstrom eine Spannung abgeleitet wird, die der Eingangsspannung entgegengeschaltet ist, zeigt Bild 3. Umgekehrt läßt sich auch eine Schaltung zur Stromverstärkung angeben, bei der ein der Ausgangsspannung proportionaler Kompensationsstrom auf den Eingang zurückgeführt wird, wie es Bild 4 zeigt.

Zur besseren Übersicht sind die Eigenschaften der vier erwähnten Schaltungen in Tafel 1 zusammengestellt.

Tafel 1.

Anwendungszweck	Proportionalität zwischen	Eingangswiderstand wird durch Kompensation	Ausgangswiderstand wird durch Kompensation	Schaltung nach Bild
Spannungsverstärker	Eingangsspannung und Ausgangsspannung	höher	niedriger	1
	Eingangsspannung und Ausgangsstrom	höher	höher	3
Stromverstärker	Eingangsstrom und Ausgangsstrom	niedriger	höher	2
	Eingangsstrom und Ausgangsspannung	niedriger	niedriger	4

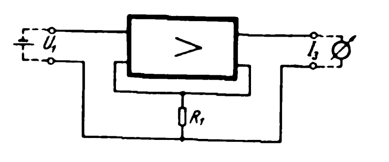


Bild 3. Verstärker, bei dem der Ausgangsstrom proportional der Eingangsspannung ist.

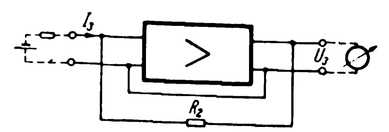


Bild 4. Verstärker, bei dem die Ausgangsspannung proportional dem Eingangsstrom ist.

Hierin ist der Faktor, um den die Eingangs- und Ausgangswiderstände erhöht oder erniedrigt werden, in allen Fällen $1 + k V$.

Unterdrückung von Störspannungen

Bei Gleichspannungsverstärkern muß darauf gesehen werden, daß die Ausgangsspannung immer der Eingangsspannung proportional ist. Dies bedeutet, daß man Störspannungen, die an irgendeiner Stelle im Verstärker auftreten und die Anzeige beeinflussen können, genügend klein halten muß. So kann z. B. ein Kontaktpotential im Wechselrichter sich zur Meßspannung addieren und einen entsprechenden Meßfehler verursachen. Man muß also Wechselrichter benutzen, die ein Kontaktpotential weit unterhalb der Meßspannung aufweisen. Im gleichen Maße wird die Anzeige gefälscht durch Wechselspannungen von der Wechselrichterfrequenz, die entweder aus dem Wechselrichter in den Verstärker gelangen oder unmittelbar davor oder danach eingestreut werden. Hier ist deswegen auf gute Abschirmung zu achten; außerdem scheiden solche Modulatoren als Wechselrichter aus, bei denen eine merkliche Störwechselspannung der Steuerfrequenz auftreten kann.

Tritt dagegen im Ausgang eine Störwechsel- oder Grundgleichspannung auf, so ergibt diese nur einen wesentlich geringeren Einfluß auf die Anzeige infolge der Wirkung der Gegenkopplung, und zwar wird der dadurch bedingte Anzeigefehler auf den $k V$-ten Teil erniedrigt. Ganz allgemein läßt sich nachweisen, daß eine Störspannung, die an einer beliebigen Stelle in den Verstärker eingestreut wird, um so weniger in die Anzeige eingeht, je größer die vor der Eindringstelle liegende Verstärkung ist.

Verhinderung von Selbsterregung

Bei Gleichstromverstärkern können zwei Arten von Selbsterregung auftreten. Einerseits kann durch falsche Polung des Rückführkanals eine Gleichstromselbsterregung hervorgerufen werden. Anderseits kann aber auch bei richtiger Polung des Rückführkanals noch eine Instabilität vorhanden sein. Diese äußert sich in einem Schwingen des Verstärkers, das auf folgende Weise zustandekommt. Eine sprunghafte Änderung der Eingangsspannung liefert ein breites Frequenzspektrum. Die Wechselrichtung dieses Spektrums kann als Modulation mit unterdrücktem Träger aufgefaßt werden. Die Seitenbänder laufen durch den Verstärker und werden im phasenempfindlichen Gleichrichter, der ja nichts anderes als ein Modulator ist, demoduliert, so daß wieder die einzelnen Frequenzen des ursprünglichen Spektrums, jedoch nach Betrag und Phase verändert, auftreten. Durch den Rückführkanal wird ein Teil hiervon auf den Eingang zurückgeführt. Gibt es jetzt eine Frequenz, die bei ihrem Durchgang durch den Verstärker und Rückführkanal auf den Eingang mit einer Phasendrehung von 180° zurückkommt und in ihrer Amplitude mindestens gleich der der ursprünglich vorhandenen Wechselspannung ist, dann liegt die bekannte Selbsterregungsbedingung vor, und der Verstärker wird mit dieser Frequenz zu schwingen beginnen. Bei den für einen Meßverstärker erforderlichen hohen Gegenkopplungsgraden ist die so bedingte Schwingneigung sehr groß, so daß man durch entsprechende Bemessung von Verstärker und Rückführkanal dieser Tatsache Rechnung tragen muß.

Mehrfache Ausnutzung eines Verstärkers

Sollen **zwei** Meßwerte mit einem Gleichstromverstärker verstärkt werden, so kann man im Eingang **zwei** Wechselrichter vorsehen, die mit 90° Phasenverschiebung arbeiten und von denen jeder **eine** Meßspannung zugeführt erhält. Die dem Wechselstromverstärker zugeführte Spannung setzt sich also aus der geometrischen Summe zweier elektrisch aufeinander senkrecht stehender Wechselspannungen zusammen. Am Ausgang des Wechselstromverstärkers werden zwei phasenempfindliche Gleichrichter vorgesehen, die gegenseitig ebenfalls mit 90° Phasenverschiebung arbeiten, so daß je einer der beiden Gleichrichter eine Komponente aus der verstärkten Wechselspannung gleichrichtet, die einem der beiden im Eingang liegenden Wechselrichter zugeordnet ist. Die Rückführung der gleichgerichteten Ausgangsspannung auf den Eingang erfolgt für jeden der beiden Kanäle besonders.

Ein anderes Prinzip zur Übertragung mehrerer Meßwerte in einem Verstärker besteht darin, mehrere Wechselrichter und phasenempfindliche Gleichrichter anzuwenden, die paarweise mit verschiedenen Frequenzen betrieben werden. Auch in diesem Fall ist für jede Meßgröße ein besonderer Rückführungskanal erforderlich. Kombiniert man die beiden genannten Prinzipien, dann läßt sich mit einer bestimmten Zahl von Steuerfrequenzen die doppelte Zahl von Meßwerten übertragen.

Elastische Rückführung

Für die an einen Gleichstromverstärker anzuschließenden Anzeigeinstrumente oder Regelapparate ist oft eine möglichst kurze Einstellzeit erwünscht. Durch Einführen einer elastischen Rückführung im Verstärker lassen sich Einstellzeiten erreichen, die weit unter den natürlichen, durch Dämpfung, Trägheits- und Rückstellmoment gegebenen der betreffenden Anzeige- oder Regelorgane liegen.

Legt man in den Rückführungskanal ein RC-Glied, so tritt beim Anlegen einer Eingangsspannung an den Verstärker die Kompensation verzögert ein, d. h. die Ausgangsspannung des Verstärkers ist zunächst wesentlich größer, als es dem äußeren Verstärkungsgrad bei Kompensation entsprechen würde. Dadurch erhält das am Ausgang angeschlossene Anzeigeorgan augenblicklich einen starken Impuls. Wie sich theoretisch zeigen läßt, kann man eine verkürzte Einstellzeit immer dann erreichen, wenn dieses Organ aperiodisch oder überaperiodisch gedämpft ist.

Der Einstellvorgang eines elektrodynamischen Systems (Drehspulsystem), das an einen Gleichstromverstärker mit RC-Glied im Rückführkanal angeschlossen ist, läßt sich durch folgende Differentialgleichung beschreiben:

$$J \frac{d^2 \gamma}{d t^2} + p \frac{d \gamma}{d t} + k_1 \gamma - k_2 U_1 \left(1 + V e^{-\frac{V}{RC} t}\right) = 0. \quad (7)$$

In dieser Formel bedeuten J das Trägheitsmoment des beweglichen Organs, γ den Auslenkwinkel, p den Dämpfungsfaktor, k_1 die Federkonstante, k_2 die Drehmomentenkonstante des elektrodynamischen Systems, U_1 die Eingangsspannung des Verstärkers und V den inneren Verstärkungsgrad.

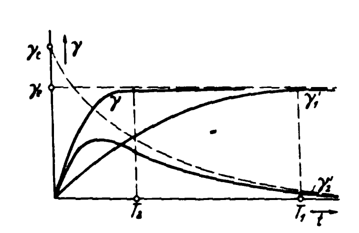


Bild 5. Einstellvorgang eines Drehspulinstruments mit und ohne elastische Rückführung.



Bild 6. Oszillogramm der Ausgangsspannung mit elastischer Rückführung beim Anlegen einer Gleichspannung an den Verstärkereingang.

Die Lösung der Gl. (7) für den aperiodischen Grenzfall lautet:

$$\gamma = \frac{k_2}{k_1} U_1 \left(1 - e^{-\frac{p}{2J}t}\right) + $$

$$+ \frac{k_2 U_1 V R^2 C^2}{V^2 J - p V R C + k_1 R^2 C^2} \left(e^{-\frac{V}{RC}t} - e^{-\frac{p}{2J}t}\right)$$

$$= \gamma_e (1 - e^{-at}) + \gamma_t (e^{-ct} - e^{-at}) . \qquad (8)$$

Hier stellt

$$\gamma_1' = \gamma_e (1 - e^{-at})$$

den Einstellvorgang ohne elastische Rückführung dar, während

$$\gamma_2' = \gamma_t (e^{-ct} - e^{-at})$$

die Zeitkonstante der Rückführung berücksichtigt. Bild 5 zeigt den Verlauf der Funktionen γ, γ_1' und γ_2'.

Die Beruhigungszeit des beweglichen Systems, d. h. die Zeit, bis sich der Zeiger auf 1 % dem Sollwert genähert hat, ist ohne elastische Rückführung gleich T_1, mit elastischer Rückführung erhält man die wesentlich verkürzte Zeit T_2. Den Verlauf der Funktion γ_2' kann man durch Wahl des Widerstandes R und des Kondensators C im Rückführungskanal dem gegebenen Verlauf von γ_1' genau anpassen.

Sollen extrem kurze Beruhigungszeiten für das bewegliche System erreicht werden, so muß dies bei der Bemessung der Endstufe berücksichtigt werden, da, wie die oszillographierten Einschaltvorgänge gezeigt haben, leicht der 10- bis 15fache Wert der normalen Ausgangsspannung auftreten kann.

Bild 6 zeigt ein Oszillogramm der Ausgangsspannung U_3 als Funktion der Zeit. Man sieht den starken exponentiellen Anstieg der Spannung auf ungefähr den 10fachen Sollwert U_e. Die Zacken in der Kurve rühren von der noch vorhandenen Welligkeit der Spannung her und lassen sich für die Auswertung als Zeitmaßstab benutzen. Da die Trägerfrequenz im Wechselstromverstärker bei dem Versuch 50 Hz war, beträgt also die Zeit bis zum Erreichen des Endzustandes rund 10 Perioden oder 0,2 s.

Kennlinienentzerrung

Im allgemeinen verlangt man Proportionalität zwischen Eingangs- und Ausgangsspannung bei einem Verstärker. In manchen Fällen ist es jedoch zweckmäßiger, einen genau definierten nichtlinearen Zusammenhang zwischen Eingangs- und Ausgangsspannung herzustellen. Ein Beispiel zeigt Bild 7. Hier soll ein Hochfrequenzstrom I_1 mit Hilfe eines Thermoumformers Th_1 gemessen werden. Bekanntlich besitzen derartige Umformer eine quadratische Kennlinie, so daß immer nur ein kleiner Bereich der Anzeigeskala für die Ablesung brauchbar ist. Schaltet man jedoch an das Thermokreuz einen Gleichstromverstärker und legt in den Rückführkanal ebenfalls ein Schaltelement mit quadratischer Kennlinie, z. B. ein zweites Thermokreuz Th_2, so wird die vom Gleichstromverstärker abgegebene Spannung U_3 in einem weiten Bereich direkt proportional

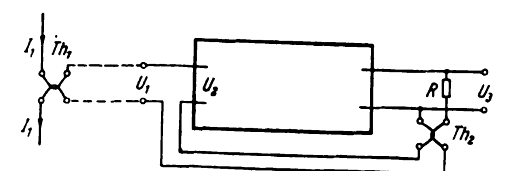


Bild 7. Gleichstromverstärker mit Thermoumformer im Rückführkanal.

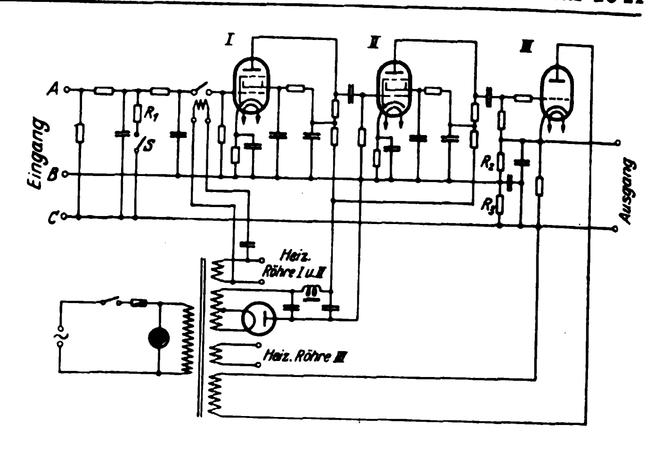


Bild 8. Schaltbild eines Gleichstromverstärkers für 10 mV Eingangsspannung (bzw. 1 µA Eingangsstrom umschaltbar) zum Betrieb eines Tintenschreibers.

dem zu messenden Hochfrequenzstrom I_1. Eine Selbsterregung des Verstärkers läßt sich durch einseitige Ausbildung des phasenempfindlichen Gleichrichters vermeiden.

Ausgeführte Verstärker

Nach dem beschriebenen Verfahren wurden Verstärker für verschiedene Verwendungszwecke gebaut. Bild 8 zeigt das Schaltbild eines Gleichstromverstärkers mit einem Zerhacker im Eingang, einem zweistufigen Wechselstromverstärker und einem einseitig wirkenden phasenempfindlichen Gleichrichter. Dieser Verstärker weist die besondere Eigenschaft auf, daß er mit Hilfe eines Schalters S von Spannungs- auf Stromkompensation umgeschaltet werden kann. Die kennzeichnenden Daten des Verstärkers sind folgende:

	Spannungsverstärker	Stromverstärker
Eingangsspannung	10 mV	
Eingangsstrom		1 µA
Ausgangsspannung	30 V	30 V
Ausgangsstrom	15 mA max	15 mA max
Eingangswiderstand	> 1 MΩ	< 200 Ω
Ausgangsquellenwiderstand	< 30 Ω	< 30 Ω
Meßgenauigkeit	1 %	1 %
Leistungsverstärkung	$4,5 \cdot 10^9$	$2,25 \cdot 10^9$

Der Temperatureinfluß ist lediglich durch die Widerstände R_1, R_2 und R_3 gegeben, kann also beliebig klein gehalten werden. Durch Umschaltung dieser drei Wider-

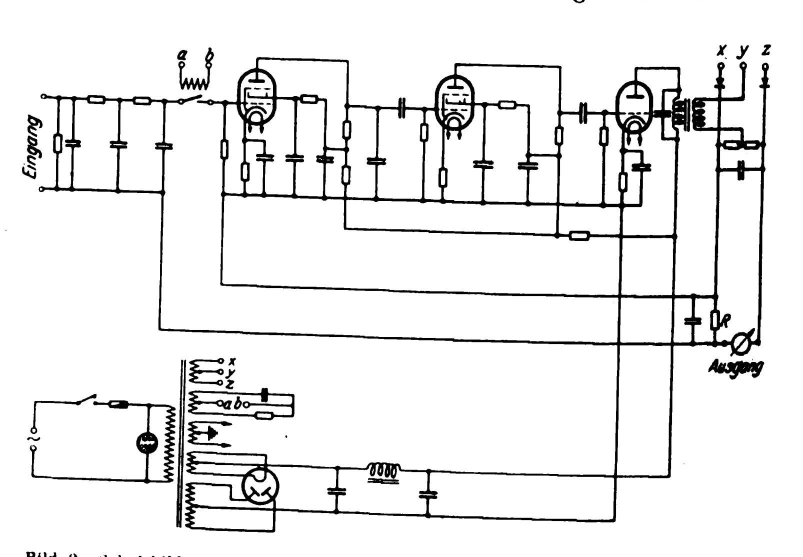


Bild 9. Schaltbild eines Gleichspannungsverstärkers mit einem Eingangswiderstand von über 250 MΩ für p_H-Messungen u. a.

stände läßt sich außerdem eine äußerst einfache Meßbereichumschaltung vornehmen.

In Bild 9 ist das Schaltbild eines anderen Verstärkers wiedergegeben, der speziell für einen hohen Eingangswiderstand entwickelt wurde und z. B. zur Messung der EMK von Diodengleichrichtern und für p_H-Messungen verwendet werden kann. Auch hier befindet sich im Eingang ein Zerhacker, darauf folgen zwei Spannungsverstärkerstufen und eine Endstufe. Die Ausgangsleistung wird durch einen phasenempfindlichen Gleichrichter mit Sperrschichtzellen gleichgerichtet. In dieser Schaltung wird ein Ausgangs s t r o m erzeugt, der der Eingangs- s p a n n u n g proportional ist, denn es wird der Spannungsabfall, den der Ausgangsstrom an dem Widerstand R erzeugt, auf den Eingang in Reihenschaltung zurückgeführt. Die Endstufe ist so bemessen, daß selbst bei Übersteuerung weder die Sperrschichtzellen noch das angeschlossene Meßinstrument beschädigt werden. Damit ist die Überlastbarkeit der gesamten Anordnung durch diejenige des Eingangs gegeben, und an dieser Stelle bereitet es keine Schwierigkeiten, sie sehr hoch zu machen. Der Verstärker hat folgende Daten:

Eingangsspannung	0,5 V
Eingangswiderstand	> 250 MΩ
Ausgangsstrom	3 mA
Ausgangsspannung (max)	2 V
Ausgangsquellenwiderstand	> 50 kΩ
Meßgenauigkeit	0,5 %
Leistungsverstärkung	$6 \cdot 10^6$

Zusammenfassung

Nach einer kurzen Übersicht über die seitherige Entwicklung von Gleichstromverstärkern für Meßzwecke, deren Endpunkt heute der Photozellenkompensator darstellt, werden grundsätzliche Betrachtungen über gegengekoppelte Gleichstromverstärker angestellt.

Ein technisch brauchbarer Gleichstromverstärker für Betriebsmessungen, der neben einem konstanten Verstärkungsgrad unabhängig von Spannungsschwankungen der Stromquellen und von Röhrenalterung dauernde Nullpunktskonstanz besitzt, läßt sich durch folgende Kombination verwirklichen: Umwandlung der zu messenden Gleichspannung im Eingang des Verstärkers in eine Wechselspannung, Verstärkung der Wechselspannung mit darauffolgender phasenempfindlicher Gleichrichtung und Kompensation der Eingangsspannung durch Gegenkopplung der Ausgangsspannung.

Durch besondere Ausbildung des Gegenkopplungskanals kann man die Wirkung einer elastischen Rückführung hervorrufen und dadurch die Einstellzeit des an den Ausgang angeschlossenen Anzeigeinstruments oder Reglers verkürzen. Die Verwendung nichtlinearer Schaltelemente im Rückführkanal gibt dem Verstärker einen bestimmten nichtlinearen Zusammenhang zwischen Eingangs- und Ausgangsgröße, so daß die Charakteristik nichtlinearer Geber oder Empfänger entzerrt werden kann.

Schließlich werden Angaben über ausgeführte Geräte gemacht und Möglichkeiten einer einfachen Meßbereichumschaltung gezeigt.

Gegenüber den bisher für Betriebsmessungen bekanntgewordenen Gleichstromverstärkern weist die neue Anordnung folgende Vorteile auf: In mechanischer Hinsicht sind die Verstärker durch das Fehlen der empfindlichen Steuergalvanometer sehr schüttelfest. Die Verstärker lassen sich praktisch beliebig überlastbar bauen, sowohl was den Verstärkereingang als auch das am Ausgang angeschlossene Meßsystem anbetrifft. Die Einstellzeit ist sehr kurz, da mechanische Abgleichorgane fehlen.

Zur Frage der Definition des magnetischen Momentes und der Magnetisierung

Von H. Diesselhorst VDE, Braunschweig

DK 538.2

Übersicht. Zur Beantwortung der Frage, ob das magnetische Moment eines Magnetstabes durch das Verhältnis des Drehmomentes zur Feldstärke $\mathfrak{H}$ oder zur Induktion $\mathfrak{B}$ zu definieren ist, also $\mathfrak{H}$ oder $\mathfrak{B}$ die magnetische Quellenkraft darstellt, wird das Verhalten in Medien von verschiedener Permeabilität theoretisch untersucht. Ein Verfahren zur experimentellen Untersuchung wird angegeben. Die Folgen für die Definition der Magnetisierung werden besprochen.

Magnetisches Moment

Ein Magnetstab, der sich in Querstellung in einem homogenen Magnetfeld befindet, erfährt ein Drehmoment, dessen Größe der Intensität des Feldes proportional ist. Das Verhältnis der Größe des Drehmomentes zur Feldintensität gibt das „magnetische Moment" des Stabes. Die Frage ist nur, ob man die Feldintensität durch die Feldstärke $\mathfrak{H}$ oder durch die magnetische Induktion $\mathfrak{B}$ messen soll. Bei Benutzung des CGS-Systems ist die Frage nicht von großem Belang, weil sie dadurch verwischt wird, daß in diesem System $\mathfrak{B}$ und $\mathfrak{H}$ im leeren Raum gleich sind. Wenn man aber zum praktischen elektrotechnischen Maßsystem mit seinen vier Grundeinheiten übergeht, so zeigen sich $\mathfrak{B}$ und $\mathfrak{H}$ auch im leeren Raum als ganz verschiedene Größen, zwischen denen die Beziehung besteht

$$\mathfrak{B} = \mu_0 \mathfrak{H} \text{ mit } \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-9} \frac{\text{V s}}{\text{A cm}}.$$

Wegen dieser Beziehung bleibt aber das auf einen Magneten ausgeübte Drehmoment $\mathfrak{N}$ beiden Größen proportional und es betrifft nur die Definition des magnetischen Momentes, ob man dafür das Verhältnis von $\mathfrak{N}$ zu $\mathfrak{B}$ oder zu $\mathfrak{H}$ wählt.

Will man den Begriff der magnetischen Polstärke einführen, also das magnetische Moment als Dipol auffassen, so kann man die Frage einfach dahin formulieren, ob $\mathfrak{B}$ oder $\mathfrak{H}$ als Kraft auf die Polstärkeneinheit, als „magnetische Quellenkraft", anzusehen sei.

Die geschichtliche Entwicklung brachte es mit sich, $\mathfrak{H}$ als Quellenkraft anzusetzen, welcher Brauch bis heute, besonders im technischen Schrifttum, fast allgemein beibehalten ist. Erst in neuerer Zeit wurde von einigen Verfassern vorgeschlagen, $\mathfrak{B}$ als Quellenkraft zu nehmen. Insbesondere wies W a l l o t[1]) schon 1927 darauf hin, daß es der Ampereschen Erklärung der Magnete durch Molekularströme entsprechen würde, für die magnetische Quellenkraft denselben Vektor zu nehmen, von dem die Kraftwirkung auf elektrische Ströme abhängt, also $\mathfrak{B}$. T o m a s c h e k hat in seinem bekannten Lehrbuch 1932 ohne nähere Begründung $\mathfrak{B}$ einfach als Quellenkraft eingeführt. Durch Dimensionsbetrachtungen wurde S o m m e r f e l d[2]) zu derselben Forderung geführt. Immerhin können die angegebenen Gründe wohl nicht als zwingend gelten. Von dem Verfasser dieses Aufsatzes wurde gelegentlich ausgeführt[3]), daß man die Frage durch Unter-

[1]) J. Wallot, ETZ 48 (1927) S. 430.
[2]) A. Sommerfeld, Vortrag auf der Physikertagung in Stuttgart, abgedruckt in Z. techn. Phys. 16 (1935) S. 420; vgl. auch Ann. Phys., Lpz. 36 (1939) S. 336.
[3]) ETZ 48 (1927) S. 1837.

suchung der Wirkung in einem Medium von anderer Permeabilität etwa in folgender Weise entscheiden könne. Es wurde ein scheibenförmiger Magnet, eine sogenannte magnetische Lamelle, zugrunde gelegt, in welchem also die Ampereschen Molekularströme parallel zur Scheibenebene fließen. Ist die Richtung des Magnetfeldes parallel zur Scheibenfläche, so hat das Drehmoment seinen Maximalwert, ist sie senkrecht dazu, so ist das Drehmoment Null. Bei beliebiger Lage wirkt nur die Tangentialkomponente des Feldes. Da nun die Tangentialkomponente von $\mathfrak{H}$ stetig ist, so muß — so wurde gesagt — auf die Molekularströme allemal dann das gleiche Feld wirken, wenn im Außenraum $\mathfrak{H}$ dasselbe ist, einerlei in welchem Medium sich die Lamelle befindet. Es wäre also $\mathfrak{H}$ der maßgebende Wirkungsvektor. Diese Betrachtung, die auch in ein Buch[4]) des Verfassers aufgenommen wurde, ist aber nicht stichhaltig, wie man leicht auf folgende Weise sehen kann. Da die Wirkung eines Elementarstromes nur von dem Produkt Stromstärke × Stromfläche abhängt, aber nicht von der Größe und Gestalt der Stromfläche, so kann man die Stromflächen so angeordnet denken, daß die ganze Scheibenfläche in lauter aneinander grenzende und vom gleichen Strom umrandete Flächenelemente zerlegt wird. Dann heben sich die Ströme in den Grenzlinien aneinander grenzender Flächenelemente sämtlich fort, und es bleibt nur ein Strom in der Randlinie der Scheibe übrig, bei der man nicht mehr von einer Tangentialkomponente reden kann. Man kann deshalb versuchen, nicht eine magnetische Lamelle der Betrachtung zugrunde zu legen, trotzdem diese in ihrer Form dem Elementarstrom entspricht, sondern einen gleichmäßig magnetisierten Stabmagneten. Auf Grund der obigen Ausführungen kann man die Ampereschen Molekularströme darin so angeordnet denken, daß sie nur in der Mantelfläche des Stabes rings um die Achse verlaufen. Betrachtet man nun einen Querschnitt des quer zum Feld liegenden Stabes und ein kurzes Stück des in der Randlinie liegenden Stromfadens, so liegt der auf dieses Stück wirkende Feldvektor in der Querschnittsebene und läßt sich in eine Normalkomponente und eine Tangentialkomponente zerlegen. Die letztere, die in die Stromrichtung fällt, ist unwirksam, nur die Normalkomponente kommt in Betracht. Da diese aber bei $\mathfrak{B}$ stetig ist, muß man hiernach $\mathfrak{B}$ als magnetische Quellenkraft annehmen und der Definition des magnetischen Moments zugrunde legen, wie es die obengenannten Verfasser getan oder vorgeschlagen haben.

Aber auch gegen diese Betrachtung lassen sich Bedenken erheben. Der Einfluß der Enden könnte das Ergebnis beeinträchtigen. Man kann dem auch nicht dadurch entgehen, daß man den Stab sehr lang und dünn macht. Denn in dem Maße, in dem die Länge wächst, nimmt auch der Hebelarm zu, an dem etwaige Sonderkräfte an den Enden wirken.

Die Kraftwirkung auf einen starren Magneten hängt überhaupt nur von dem Feld an den Stellen ab, wo sich freie Polstärke befindet, und genau so muß es auch sein, wenn man den Magnetismus durch fiktive Ströme ersetzt. Bei dem (schematischen) gleichmäßig magnetisierten Stab käme also nur das Feld an den Stirnflächen in Betracht, was wieder dafür spricht, $\mathfrak{H}$ als Quellenkraft anzunehmen.

Wenn das auf einen gleichmäßig magnetisierten Stab oder die ihn ersetzende Stromspule wirkende Querfeld in der Mitte fortfällt, so bleibt das auf die Wirkung ohne Einfluß. Denn dafür treten an den Stellen, wo das Feld wieder anwächst, neue Kräfte auf, weil das Anwachsen des Feldes in einer Querrichtung stets mit einer Krümmung der Kraftlinien verbunden sein muß. Solange das Feld auch in der Mitte gleichmäßig vorhanden ist, übt es natürlich auch seine Wirkung auf die dort befindlichen Ströme aus, und nach der obigen Betrachtung muß diese Wirkung von $\mathfrak{B}$ abhängen. Der Einfluß der Enden bleibt jedoch unbestimmt.

[4]) Diesselhorst, Magnetische Felder und Kräfte. Leipzig 1939, § 99.

Bei dieser Sachlage ist eine experimentelle Prüfung erwünscht, und es soll darum in folgendem ein Verfahren angegeben werden, nach dem sie vielleicht ausgeführt werden kann.

Experimentelles Untersuchungsverfahren

Wenn man von der Forderung ausgeht, das magnetische Moment eines Magnetstabes durch das vom Feld darauf ausgeübte Drehmoment so zu definieren, daß man stets denselben Wert erhält, einerlei welche Permeabilität das Medium hat, in dem man die Bestimmung vornimmt, so dürfte sich die Frage nach der Quellenkraft mit Hilfe eines an einem Torsionsfaden aufgehängten astatischen Nadelpaares, dessen eine Nadel in eine Eisenchloridlösung taucht, experimentell untersuchen lassen. Man könnte dabei etwa folgende beiden Anordnungen treffen:

1. Die beiden Nadeln sind in derselben Horizontalebene an einem hufeisenförmigen Bügel befestigt, der über die Wand des Gefäßes hinweggreift, in welches die Lösung gebracht wird. Die Nadeln sind parallel zur Wand und das Feld ist senkrecht zur Wand. Das Feld wirkt dann wegen der Stetigkeit der Normalkomponente von $\mathfrak{B}$ auf die beiden Nadeln auch nach dem Einbringen der Lösung mit dem gleichen $\mathfrak{B}$-Wert, während der $\mathfrak{H}$-Wert verschieden ist. Ist also $\mathfrak{B}$ die Quellenkraft, so darf das Einbringen der Lösung keinen Ausschlag bewirken.

2. Die Nadeln befinden sich in der üblichen Weise übereinander und die Lösung wird so eingebracht, daß nur die untere Nadel eintaucht. Das Feld ist parallel zur Flüssigkeitsoberfläche und senkrecht zu den Nadeln, so daß es an beiden Nadeln den gleichen $\mathfrak{H}$-Wert hat. Ist also $\mathfrak{B}$ die Quellenkraft, so wird das Einbringen der Lösung bei genügender Empfindlichkeit einen Ausschlag bewirken, während kein Ausschlag eintreten darf, wenn $\mathfrak{H}$ die Quellenkraft ist.

Da das Feld bei Arbeiten mit permanenten Magneten nicht zu stark gemacht werden darf, muß der Torsionsfaden möglichst dünn und lang sein. Es dürfte sich empfehlen, die Lösung nicht gegen Luft, sondern gegen eine unmagnetische Lösung von gleicher Dichte auszutauschen.

Ein astatisches Paar aus permanent elektrisch polarisierten Stäben (sogenannten Elektreten) müßte beim analogen Versuch im elektrischen Feld mit einem gut isolierenden Öl $\mathfrak{E}$ nicht $\mathfrak{D}$ als Quellenkraft ergeben, also bei Anordnung 2 keinen Ausschlag zeigen.

Magnetisierung

Da das auf die Volumeneinheit bezogene Drehmoment dieselbe Dimension hat wie das Produkt $\mathfrak{B}\,\mathfrak{H}$, nämlich die einer Energiedichte, so erhält das bezogene magnetische Moment $\mathfrak{M}$, wenn $\mathfrak{B}$ die Quellenkraft darstellt, Dimension und Einheit von $\mathfrak{H}$, während es bei der bisherigen Annahme von $\mathfrak{H}$ als Quellenkraft Dimension und Einheit von $\mathfrak{B}$ hatte.

Was folgt nun daraus für den Begriff der Magnetisierung? Das Nächstliegende ist, die Magnetisierung $\mathfrak{J}$ wie bisher gleich dem auf die Volumeneinheit bezogenen magnetischen Moment $\mathfrak{M}$ zu setzen, ihr also bei der Einführung von $\mathfrak{B}$ als Quellenkraft die Dimension von $\mathfrak{H}$ zu geben.

Man hat natürlich — wegen der völligen Definitionsfreiheit — die Möglichkeit, auch bei der Einführung von $\mathfrak{B}$ als Quellenkraft trotzdem $\mathfrak{J}$ und $\mathfrak{B}$ mit gleichem Maß weiter zu messen, aber nur, indem man die Gleichheit von $\mathfrak{J}$ und $\mathfrak{M}$ aufgibt und ersetzt durch $\mathfrak{J} = \mu_0 \mathfrak{M}$.

Bisher ist es üblich, unter Benutzung des CGS-Systems und der nicht rationalen Schreibweise der Feldgleichungen zu definieren

$$\mathfrak{J} = \frac{\mathfrak{B} - \mathfrak{H}}{4\pi}. \tag{1}$$

Bei Aufgabe des CGS-Systems und gleichzeitigem Übergang zur rationalen Schreibweise erhält man bei der

bisherigen Wahl von $\mathfrak{H}$ als Quellenkraft einen anderen Wert der Magnetisierung:

$$\mathfrak{J}' = \mathfrak{B} - \mu_0 \mathfrak{H} \qquad (2)$$

und bei der Annahme von $\mathfrak{B}$ als Quellenkraft und Beibehaltung der Gleichheit von $\mathfrak{J}$ und $\mathfrak{M}$ wieder einen anderen Wert

$$\mathfrak{J}'' = \frac{\mathfrak{B}}{\mu_0} - \mathfrak{H}. \qquad (3)$$

Nach Definition (2) wird die Magnetisierung gemessen durch den Anteil, den sie zum Wert der Induktion $\mathfrak{B}$ beiträgt (nach Definition (1) durch den 4πten Teil davon[5]) und nach Definition (3) durch den äquivalenten Wert der Feldstärke, der im Vakuum den gleichen Anteil zur Induktion beitragen würde, wie ihn die Magnetisierung liefert.

Der Zahlenwert von $\mathfrak{J}''$, nach Definition (3) in Oersted gemessen, ist gleich dem Zahlenwert von $\mathfrak{J}'$ nach Definition (2), in Gauß gemessen.

Es könnte freilich auch zweckmäßig sein, die beiden durch die Beziehung $\mathfrak{J} = \mu_0 \mathfrak{M}$ verknüpften Größen zur Bezeichnung des magnetischen Zustandes nebeneinander zu benutzen. Es würde dann $\mathfrak{J}$ als Hauptbeitrag zur Induktion $\mathfrak{B}$ für die Erzeugung von Induktionsströmen maßgebend sein und in V s/cm² oder in Gauß gemessen werden, während $\mathfrak{M}$ das Äquivalent davon in Vakuum-Feldstärke darstellte und in A/cm oder in Oersted zu messen wäre. $\mathfrak{J}$ und $\mathfrak{M}$ verhielten sich dann zueinander wie $\mathfrak{B}$ und $\mathfrak{H}$ im Vakuum. $\mathfrak{J}$ in Gauß gemessen hätte denselben Wert wie $\mathfrak{M}$ in Oersted. Man könnte etwa das eine „Magnetisierung", das andere „magnetische Erregung" oder „magnetische Polarisation" nennen.

Ergibt sich dann $\mathfrak{B}$ als Quellenkraft, so wäre bei permanenten Magneten das (bezogene) Drehmoment $[\mathfrak{M}\,\mathfrak{B}]$, also $\mathfrak{M}$ das magnetische Moment. Ergibt sich $\mathfrak{H}$ als Quellenkraft, so wäre das Drehmoment $[\mathfrak{J}\,\mathfrak{H}]$, also $\mathfrak{J}$ das magnetische Moment.

[5] Wenn $\mathfrak{J}$ ebenso wie $\mathfrak{B}$ in Gauß gemessen wird. Da $\mathfrak{B}$ und $\mathfrak{H}$ in verschiedenen Einheiten gemessen werden, nämlich $\mathfrak{H}$ in Oersted, da also Gl. (1) eine reine Zahlenwertgleichung darstellt, so ist der Wert von $\mathfrak{J}$ durch Gl. (1) erst dann vollständig definiert, wenn die Einheit angegeben ist, zu welcher der sich ergebende Zahlenwert gehören soll. Schreibt man als Einheit von $\mathfrak{J}$ „4π Gauß" vor, so stellt $\mathfrak{J}$ denselben Wert dar wie $\mathfrak{J}'$ in Gl. (2).

Zusammenfassung

Das magnetische Moment eines Magnetstabes ist durch das von einem fremden Feld darauf ausgeübte Drehmoment so zu definieren, daß der Wert unabhängig ist von der Permeabilität des Mediums, in welchem man die Bestimmung vornimmt. Gelingt dies, so kann man daraus auf die magnetische Quellenkraft schließen. Da die von der Vorstellung Amperescher Molekularströme ausgehende theoretische Betrachtung zu keinem zwingenden Ergebnis führt, wird ein experimentelles Verfahren angegeben, das mit Hilfe eines astatischen Nadelpaares, dessen eine Nadel in eine Eisenchloridlösung taucht, die Frage entscheiden könnte. Der Einfluß, den diese Entscheidung auf die Definition der Magnetisierung haben kann, wird besprochen, insbesondere ob dieser die Dimension von $\mathfrak{B}$ oder von $\mathfrak{H}$ beizulegen ist. Zur Beschreibung der Magnetisierung können zwei Vektoren nebeneinander gebraucht werden, von denen der eine die Dimension von $\mathfrak{B}$, der andere die von $\mathfrak{H}$ hat.

Größe der Steuertransformatoren für Schützensteuerungen

Von O. Deißler VDE, Köln a. Rh.

DK 621.314.222

Übersicht. Unabhängig von der Betriebsspannung wird eine Einheitssteuerspannung angestrebt, wodurch wirtschaftliche und betriebstechnische Vorteile erzielt werden. Ein sicherer Betrieb setzt die richtige Wahl des Steuertransformators voraus. Über die günstige Größenwahl der handelsüblichen Steuertransformatoren werden eindeutige Angaben gemacht.

Einleitung

Der Wunsch nach einer einheitlichen Steuerspannung wird immer häufiger geäußert, insbesondere bei Antriebsausrüstungen von Arbeitsmaschinen. Die Wirtschaftlichkeit einer solchen Vereinheitlichung wird zunehmend erkannt; denn beim Hersteller von Schützen wirkt sich die Einheitssteuerung durch eine größere Rationalisierung bei der Fertigung der Schützen aus. Außerdem hat die Arbeitsmaschinenfabrik den großen Vorteil, unabhängig von der später beim Verbraucher vorliegenden Betriebsspannung die Maschine ausrüsten zu können. Ferner wird die Lagerhaltung der Schaltgeräte und der Spulen einfacher, ein Gewinn, der kaum hoch genug angesetzt werden kann. Schließlich erhält der Verbraucher der Arbeitsmaschinen keine gefährliche Spannung an den Bedienungsgeräten der Maschine und hat ebenfalls den Vorteil der verbilligten Lagerhaltung.

Da bei den Verbrauchern von Arbeitsmaschinen verschiedene Betriebsspannungen vorliegen und bei Lieferungen für das Ausland oft noch Abweichungen von der in Deutschland üblichen Frequenz von 50 Hz vorhanden sind, so kann die Einheitssteuerspannung, die mit 220 V, 50 Hz den günstigsten Wert besitzen dürfte, durch Zwischenschalten eines Steuertransformators erreicht werden. Sofern die Frequenzabweichung nicht hoch ist, kann sie ohne weiteres durch Spannungsänderung ausgeglichen werden.

Die Prüfung der Steuerung vor Ablieferung soll möglichst mit der Betriebsspannung, also bei vorgesehenem Steuertransformator mit diesem stattfinden. Ist die Betriebsspannung nach Fertigstellen der elektrischen Anlage einer Maschine noch nicht bekannt, so kann die Prüfung mit der Einheitssteuerspannung durchgeführt werden. Dann muß aber die Gewähr dafür gegeben sein, daß der nachträglich einzubauende Steuertransformator auch keinen zu hohen Spannungsabfall verursacht.

Elektrische Verhältnisse des Steuertransformatorkreises

Zugspulen von Wechselstromschützen stellen einen mehr oder weniger induktiven Verbraucher dar. Die größte Belastung des Steuertransformators liegt beim Einschalten eines Schützes vor, da die Stromaufnahme dabei je nach der Konstruktion des Schützes das 5- bis 10fache des Haltestromes beträgt. Geht der Einschaltvorgang des Schützes bzw. der Schützen sicher vor sich, dann ist der Haltezustand ohne weiteres gewährleistet.

Nach den Regeln für die Bewertung und Prüfung von Anlassern und Steuergeräten VDE 0650/1933, § 14, sowie nach den Regeln für Konstruktion, Prüfung und Verwendung von Schaltgeräten VDE 0660/1933, § 49, müssen die Geräte so ausgebildet sein, daß sie noch einwandfrei arbeiten, wenn eine Spannungsschwankung von ± 10 % vorliegt, d. h. wenn an der Zugspule des Schützenschalters 90 % der Nennspannung herrschen, muß noch ein sicheres Durchschalten stattfinden. Die Elektrizitätswerke verpflichten sich, daß höhere Spannungsabweichungen als ± 5 % nicht auftreten, so daß also für die Gewähr sicheren Arbeitens die Spannungsabsenkung an der Zugspule nur 5 % betragen darf.

Der zulässige ohmsche Spannungsabfall in der Zuleitung und der Spannungsabfall im Transformator ändert sich je nach dem Phasenverschiebungswinkel der

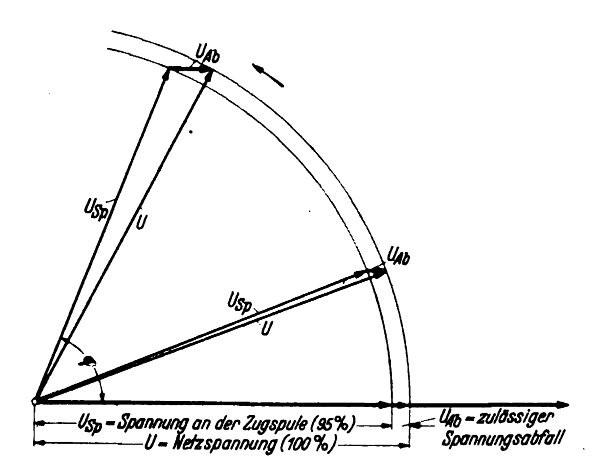


Bild 1. Ohmscher Spannungsabfall der Zuleitung in Abhängigkeit vom Phasenverschiebungswinkel der Zugspule.

Zugspule (Bild 1). Rechnungsmäßig kann man den zulässigen ohmschen Spannungsabfall bei den gegebenen Größen für die Netzspannung U, für die zulässige Zug-

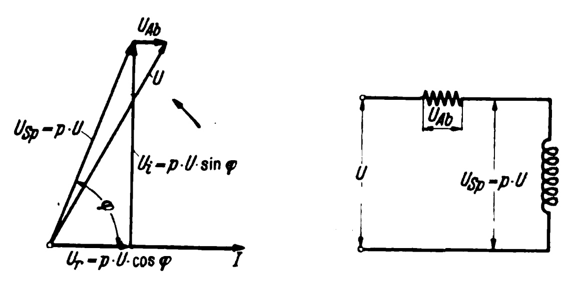


Bild 2. Spannungen in einem Steuerkreis.

spulenspannung $U_{sp} = p\,U = 0{,}95\,U$ und für den $\cos\varphi$ der Zugspule entsprechend Bild 2 folgendermaßen erhalten:

$$U_{Ab} = \sqrt{U^2 - U_i^2} - U_r = \sqrt{U^2 - p^2 U^2 \sin^2\varphi} - p\,U\cos\varphi$$
$$= p\,U\left(\sqrt{\frac{1}{p^2} - \sin^2\varphi} - \cos\varphi\right),$$
$$= p\,U\left(\sqrt{\frac{1}{p^2} - (1-\cos^2\varphi)} - \cos\varphi\right).$$

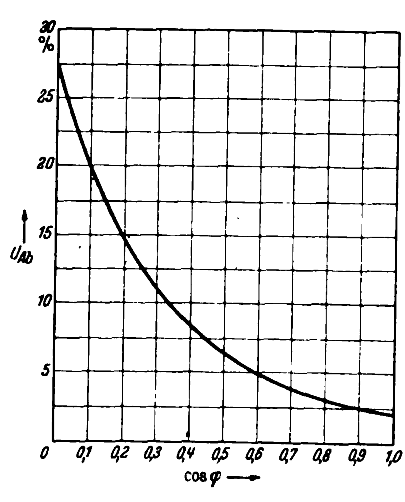


Bild 3. Zulässiger ohmscher Spannungsabfall in Abhängigkeit vom Phasenverschiebungswinkel.

Daraus ergibt sich die Abhängigkeit zwischen zulässigem ohmschen Spannungsabfall und $\cos\varphi$ der Zugspule, die in Bild 3 dargestellt ist.

Dieser Spannungsabfall muß nun auf den inneren Spannungsabfall im Transformator bezogen werden. Dabei ist der Spannungsabfall in den Leitungen auf der Primär- und Sekundärseite zu berücksichtigen. Es genügt, wenn 2% hierfür zur Verfügung gestellt werden.

Der prozentuale Spannungsabfall in einem Transformator ist außer von der Größe der Belastung noch von deren Leistungsfaktor abhängig. Vernachlässigt man den Leerlaufstrom, der bei der meist hohen Stoßbelastung des Steuertransformators beim Einschalten der Schützenspule kaum ins Gewicht fällt, so kann man die Abhängigkeit des Spannungsabfalles im Transformator vom sekundären Phasenverschiebungswinkel bzw. vom $\cos\varphi$ aus dem K a p p schen Diagramm entnehmen, in dem alle Werte auf den Primärkreis bezogen werden. Rechnungsmäßig ergibt sich danach:

$$U_\varphi = U_\varphi' + 100 - \sqrt{100^2 - U_\varphi''^2},$$
$$U_\varphi' = U_r\cos\varphi + U_s\sin\varphi,$$
$$U_\varphi'' = U_r\sin\varphi - U_s\cos\varphi.$$

Nach den angeführten Voraussetzungen darf an der Zugspule höchstens 5 % Spannungsabfall auftreten. Man kann nun den zulässigen prozentualen Spannungsabfall des Transformators U_φ mit 5 % konstant einsetzen und den ohmschen Spannungsabfall U_r bei Kenntnis des Verhältnisses zwischen $\frac{\text{Streuspannung } U_s}{\text{ohmscher Spannungsabfall } U_r}$ ermitteln.

Die Kurve Bild 4 zeigt die Abhängigkeit zwischen U_r des Steuertransformators unter Abzug des Spannungsabfalles in den Leitungen und dem Phasenverschiebungswinkel $\cos\varphi$ der Belastung.

Es sei hier bemerkt, daß als Steuertransformatoren grundsätzlich nur Transformatoren mit zwei getrennten Wicklungen, also keine Spartransformatoren in Betracht kommen.

Größenbestimmung von Steuertransformatoren

Bei den meist vorliegenden Leistungen zwischen 150 VA bis 2000 VA liegt die Spannungsänderung bei Vollast und $\cos\varphi = 1$ bei den handelsüblichen Steuertransformatoren höchstens in den Grenzen von 2,5 bis 5,5 %; das Verhältnis zwischen $\frac{U_s}{U_r}$ liegt bei $\frac{1}{2{,}5}$ bis $\frac{1}{5{,}5}$. Dabei gelten die Werte 2,5 bzw. $\frac{1}{2{,}5}$ für die großen Leistungen der Steuertransformatoren, die Werte 5,5 bzw. $\frac{1}{5{,}5}$ für die kleinen Leistungen.

Nach Festlegen des ohmschen Spannungsabfalles U_r unter Beachten der bei den handelsüblichen Steuertransformatoren vorliegenden Verhältnisse kann man das Vielfache der Belastung der Steuertransformatoren ermitteln, um den zulässigen ohmschen Spannungsabfall nach den Kurven Bild 4 zu erreichen. Die Kurven Bild 5 geben den reziproken Wert des Vielfachen der Belastung der Steuertransformatoren oder den Faktor an, mit dem die vorliegende Belastung (Einschaltleistung der Schützenspule) multipliziert die erforderliche Steuertransformatorleistung ergibt. Die Einschaltleistung der Schützenspule sowie der $\cos\varphi$ sind in den einschlägigen

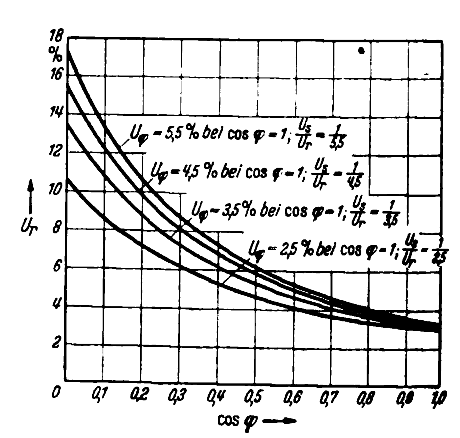


Bild 4. Zulässiger ohmscher Spannungsabfall im Steuertransformator U_r in Abhängigkeit vom Phasenverschiebungswinkel.

Listen der Schaltgeräte herstellenden Werke angegeben. Wenn bestimmte Leistungsabstufungen der Steuertransformatoren vorliegen, was unbedingt angestrebt werden

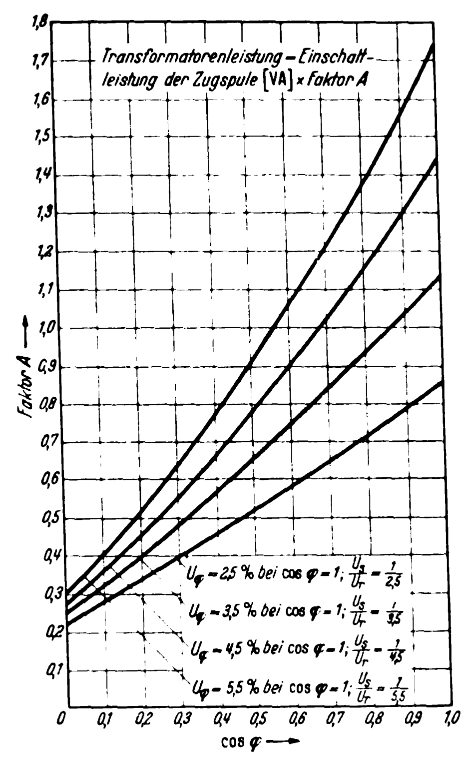


Bild 5. Abhängigkeit der Transformatorenleistung von der Einschaltleistung der Zugspule bei verschiedenen Leistungsfaktoren zur Größenermittlung.

muß, dann kann für diese bestimmten Leistungen und den dabei vorliegenden Werten von U_φ bei $\cos\varphi = 1$ und dem Verhältnis $\frac{U_s}{U_r}$ unmittelbar die zulässige Belastung in Abhängigkeit des Phasenverschiebungswinkels $\cos\varphi$ festgelegt werden. Dieses zeigen die Kurven Bild 6. Aus dieser Kurve kann also der notwendige Steuertransformator entnommen werden, wenn die Einschaltleistung in VA und der $\cos\varphi$ im Einschaltzustand des Schützes bekannt ist. Die Größe des Transformators für eine Schützensteuerung, bei der mehrere Schütze nacheinander eingeschaltet werden, wird durch die Halteleistung der bereits eingeschalteten Schütze zuzüglich des Leistungsanteiles nach den Kurven in Bild 5 des letzten einzuschaltenden Schützes erreicht. Dieses gilt bei gleich großen oder wenig voneinander abweichenden Schützengrößen. Bei stark voneinander abweichenden Schützengrößen wird, um sicher zu gehen, das größte Schütz als das zuletzt schaltende in Rechnung gesetzt.

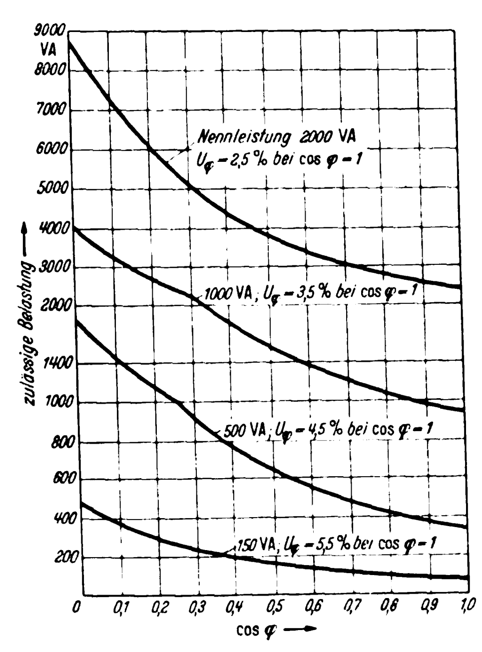


Bild 6. Zulässige Belastung bestimmter Steuertransformatoren in Abhängigkeit des Leistungsfaktors.

Liegen bestimmte, in der Leistung abgestufte Steuertransformatoren entsprechend den Kurven nach Bild 6 fest, so wird zur Halteleistung der bereits eingeschalteten Schütze die Einschaltleistung des letzten oder des größten Schützes addiert. Diese Belastung mit dem vorliegenden Phasenverschiebungswinkel des einzuschaltenden Schützes ergibt nach den Kurven Bild 6 eine genauere Bestimmung des erforderlichen Steuertransformators. Daß die Summe der Halteleistung die Nennleistung des Transformators nicht übersteigen darf, ist selbstverständlich und sei nur der Vollständigkeit halber erwähnt.

Zahlenbeispiel mit Größenermittlung

Ein Steuertransformator sei festzulegen für drei Schütze mit je 40 VA Halteleistung und zwei Schütze mit je 70 VA Halteleistung und je 500 VA Einschaltleistung bei $\cos\varphi = 0{,}35$, die nacheinander eingeschaltet werden. Die Leistung des Transformators beträgt mithin:

$3 \times 40 = 120$ VA
$+ 1 \times 70 = 70$ VA
$+$ 300 VA (nach der Kurve in Bild 5 bei 500 VA Einschaltleistung und $\cos\varphi = 0{,}35$)

Summe: 490 VA, rund 500 VA als Nennleistung.

Nach den Kurven in Bild 6 würde sich als Belastung

$3 \times 40 = 120$
$1 \times 70 = 70$
$1 \times 500 = 500$

zusammen 690 VA

ergeben. Bei einem $\cos\varphi$ von 0,35 käme man ebenfalls bei der in Bild 6 gezeigten Abstufung auf einen Transformator mit 500 VA Nennleistung.

Bei den vorstehenden Erläuterungen war vorausgesetzt, daß die Sekundärspannung des Transformators beim Leerlauf 220 V, 50 Hz beträgt. Die Ausnutzung des Steuertransformators wird nicht unwesentlich höher, wenn man den Spannungsabfall der Leitungen durch eine höhere Sekundärspannung deckt. Es wäre günstig, die Sekundärspannung um 2 bis 3 % bei Leerlauf höher zu legen als 220 V.

Zusammenfassung

Vorstehend wurde gezeigt, wie Steuertransformatoren für Schützensteuerung bemessen werden müssen, um ein sicheres Durchschalten der Schützen zu erzielen. Durch die Zugspulen der Schützenschalter mit ihrer hohen Einschaltleistung gegenüber der Halteleistung und ihren unterschiedlichen Phasenverschiebungswinkeln liegen eigenartige Belastungen der Steuertransformatoren für Schützensteuerung vor. Dabei wurden Steuertransformatoren mit einem üblichen Aufbau vorausgesetzt und der Spannungsabfall in der Leitungsanlage mit 2 % in Anrechnung gebracht. Allgemein und an einem Zahlenbeispiel wurde die Leistungsermittlung für Steuertransformatoren erläutert.

DK 621.315.62(083.133.1) **Normen für Transformator-Durchführungen** Mai 1941

Transformatoren

Durchführungen für Innenraum und Freiluft

Reihenspannung 1 kV, 200 bis 1600 A

Zusammenstellung

Einspruchsfrist: 15. Juli 1941

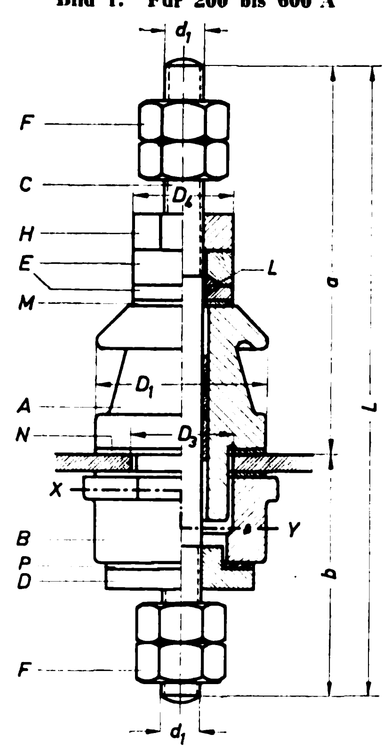
DIN Entwurf 1 42615 Blatt 1

Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr

Elektrotechnik

Maße in mm

Bild 1. Für 200 bis 600 A



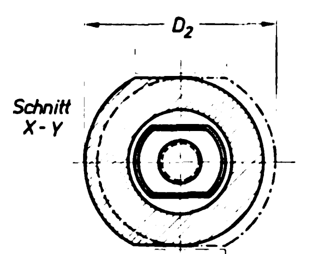


Bild 2. Für 1000 und 1600 A

Bezeichnung einer vollständigen Durchführung für Transformatoren Reihenspannung 1 kV, 200 A:

Durchführung DT 1/200 DIN 42615

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Kurzzeichen	Stromstärke A	Bild	a	b	D_1	D_2	D_3	D_4	d_1	d_2	h	k	i	L
DT 1/200	200	1	116	79	50	56	30	28	M 12	—	—	—	—	195
DT 1/400	400	1	136	84	60	68	36	35	M 16	—	—	—	—	220
DT 1/600	600	1	167	98	75	84	48	48	M 22	—	—	—	—	265
DT 1/1000	1000	2	170	110	95	110	54	58	M 30 × 1,5	14	62	15	32	280
DT 1/1600	1600	2	202	128	105	120	64	75	M 40 × 1,5	18	80	20	40	330

Zu einer vollständigen Durchführung gehören:

Stückzahl für 200 bis 600 A	Stückzahl für 1000 und 1600 A	Gegenstand	Normblatt DIN 42615
1	1	Oberteil A	Blatt 2
1	1	Unterteil B	
1	1	1 Bolzen C	Blatt 3
1	1	Mutter D	
1	1	Scheibe E ....×....	
1	1	Scheibe E ....×....	
4	2	Sechskantmutter F	Blatt 4
—	1	Sechskantmutter G	
1	—	Rundmutter H	
—	1	Anschlußfahne K	
1	1	Kegeldichtring L	Blatt 5
1	1	Dichtring M	
2	2	Dichtring N	
1	1	Dichtring P	

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

DK 621.315.62(083.133.1) Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr Mai 1941

Transformatoren

Durchführungen für Innenraum und Freiluft

Reihenspannung 1 kV, 200 bis 1600 A

Isolatoren

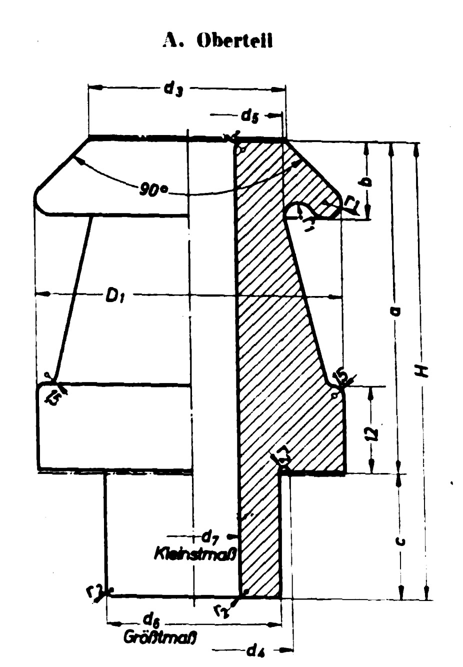
Einspruchsfrist: 15. Juli 1941

Elektrotechnik

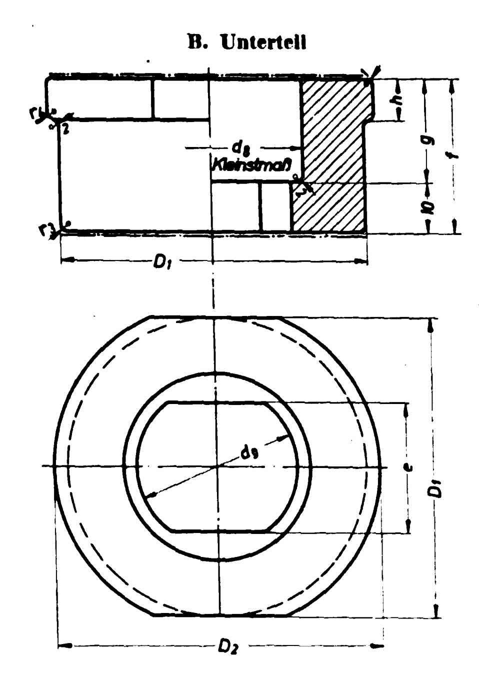
DIN Entwurf 1 42615 Blatt 2

Maße in mm

A. Oberteil



B. Unterteil



Durch —·—·— gekennzeichnete Flächen unglasiert und parallel geschliffen

Oberteil

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Bezeichnung	a	b	c	D_1	d_3	d_4	d_5	d_6 Größtmaß	d_7 Kleinstmaß	H	r_1	r_2	Für Durchführung
Oberteil A 200 DIN 42615 .	45	12,5	25	50	32	32	31	28	14	70	2,5	1	DT 1/200
,, A 400 DIN 42615 .	50	15	25	60	38	38	37	34	18	75	3	1	DT 1/400
,, A 600 DIN 42615 .	55	15	25	75	52	49	51	45	25	80	3	1	DT 1/600
,, A 1000 DIN 42615 .	55	15	30	95	72	56	70	50	33	85	3	1,5	DT 1/1000
,, A 1600 DIN 42615 .	55	15	30	105	82	66	80	59	43	85	3	1,5	DT 1/1600

Unterteil

15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
			d_8	d_9		e							
Bezeichnung	D_1	D_2	Kleinstmaß	Kleinstmaß	Größtmaß	Kleinstmaß	Größtmaß	f	g	h	r_3	r_4	Für Durchführung
Unterteil B 200 DIN 42615 .	50	56	30	26	27	21	22	30	20	8	1	1	DT 1/200
,, B 400 DIN 42615 .	60	68	36	31	32	25	26	30	20	8	2	1	DT 1/400
,, B 600 DIN 42615 .	75	84	48	39	40	31	32	30	20	8	3	1	DT 1/600
,, B 1000 DIN 42615 .	95	110	54	46	48	41	42	35	25	10	4	1,5	DT 1/1000
,, B 1600 DIN 42615 .	105	120	64	60	62	51	52	35	25	10	4	1,5	DT 1/1600

Zulässige Abweichungen: ± 5%, wenn nicht besonders angegeben
Werkstoff: Keramischer Werkstoff IA 1 DIN 40685, braun glasiert

Zusammenstellung siehe DIN 42615 Blatt 1

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

DK 621.315.62(083.133.1) Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr Mai 1941

Transformatoren

Durchführungen für Innenraum und Freiluft

Reihenspannung 1 kV, 200 bis 1600 A

Bolzen, Muttern, Scheiben

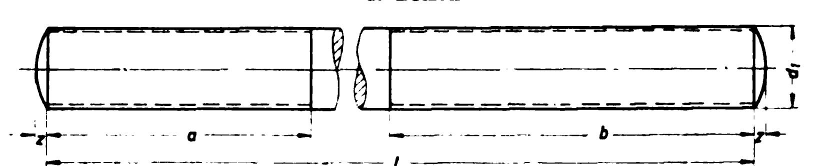
Einspruchsfrist: 15. Juli 1941

Elektrotechnik

DIN Entwurf 1 42615 Blatt 3

Maße in mm

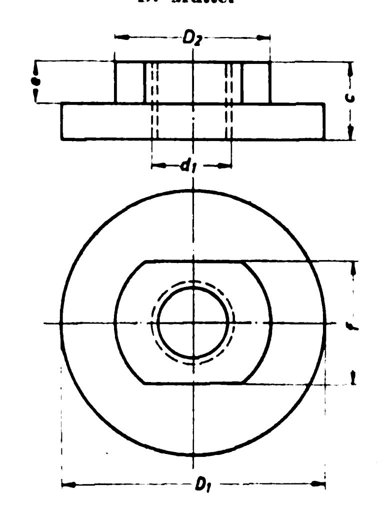
C. Bolzen



z nach DIN 78

1	2	3	4	5	6	7
Bezeichnung	a	b	d_1	L	Werkstoff	Für Durchführung
Bolzen C 200 DIN 42615	47	57	M 12	195	Messing	DT 1/200
„ C 400 DIN 42615	52	72	M 16	220	Kupfer E-Cu nach DIN VDE 500	DT 1/400
„ C 600 DIN 42615	68	96	M 22	265		DT 1/600
„ C 1000 DIN 42615	75	97	M 30 × 1,5	280		DT 1/1000
„ C 1600 DIN 42615	93	127	M 40 × 1,5	330		DT 1/1600

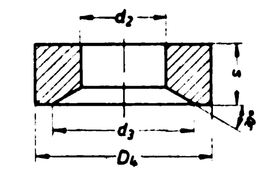
D. Mutter



1	2	3	4	5	6	7	8
Bezeichnung	c	D_1	D_2	d_1	e	f	Für Durchführung
Mutter D 200 DIN 42615	13	45	25	M 12	8	20	DT 1/200
„ D 400 DIN 42615	15	52	30	M 16	8	24	DT 1/400
„ D 600 DIN 42615	18	60	38	M 22	10	30	DT 1/600
„ D 1000 DIN 42615	25	80	45	M 30 × 1,5	10	40	DT 1/1000
„ D 1600 DIN 42615	28	90	58	M 40 × 1,5	10	50	DT 1/1600

Werkstoff: Messing

E. Scheibe



1	2	3	4	5	6
Bezeichnung	s	D_4	d_3	d_2	Für Durchführung
Scheibe E 200 × 12 DIN 42615	12	28	13	22	DT 1/200
„ E 200 × 5 DIN 42615	5				
„ E 400 × 12 DIN 42615	12	35	17	28	DT 1/400
„ E 400 × 5 DIN 42615	5				
„ E 600 × 14 DIN 42615	14	48	23	38	DT 1/600
„ E 600 × 6 DIN 42615	6				
„ E 1000 × 16 DIN 42615	16	58	31	48	DT 1/1000
„ E 1000 × 7 DIN 42615	7				
„ E 1600 × 18 DIN 42615	18	75	41	60	DT 1/1600
„ E 1600 × 9 DIN 42615	9				

Werkstoff: Messing

Gewinde: Metrisch nach DIN 14, Metrisches Feingewinde nach DIN 243

Zusammenstellung siehe DIN 42615 Blatt 1

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

DK 621.315.62(083.133.1) Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr Mai 1941

Transformatoren

Durchführungen für Innenraum und Freiluft

Reihenspannung 1 kV, 200 bis 1600 A

Sechskant- und Rundmuttern, Anschlußfahnen

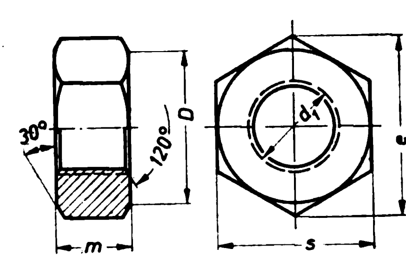
Einspruchsfrist: 15. Juli 1941

Elektrotechnik

DIN Entwurf 1 42615 Blatt 4

Maße in mm

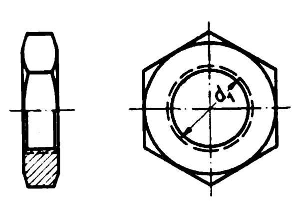
F. Blanke Sechskantmutter



1	2	3	4	5	6	7
Bezeichnung	d_1	D	e	m	s	Für Durchführung
Sechskantmutter M 12 DIN 934 . . .	M 12	nach DIN 934				DT 1/200
„ M 16 DIN 934 . . .	M 16	nach DIN 934				DT 1/400
„ M 22 DIN 934 . . .	M 22	nach DIN 934				DT 1/600
„ M 30 × 1,5 DIN 934 .	M 30 × 1,5	nach DIN 934				DT 1/1000
„ M 40 × 1,5 DIN 42615	M 40 × 1,5	57	69,3	30	60	DT 1/1600

Werkstoff: Messing

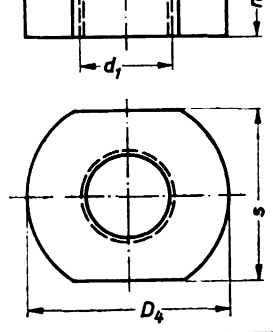
G. Flache Sechskantmutter



1	2	3
Bezeichnung	d_1	Für Durchführung
Sechskantmutter M 30 × 1,5 Kr 752	M 30 × 1,5	DT 1/1000
„ M 40 × 1,5 Kr 752	M 40 × 1,5	DT 1/1600

Werkstoff: Messing

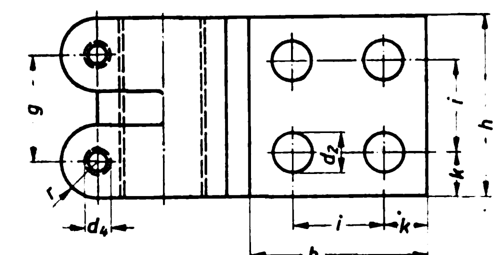
H. Rundmutter

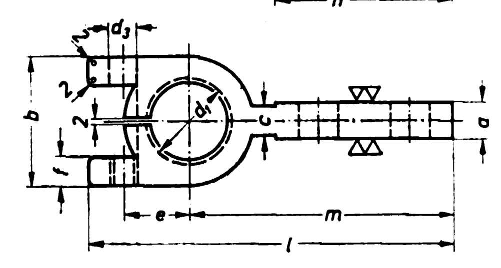


1	2	3	4	5	6
Bezeichnung	D_4	d_1	m	s	Für Durchführung
Rundmutter H 200 DIN 42615 .	28	M 12	11	24	DT 1/200
„ H 400 DIN 42615 .	35	M 16	13	30	DT 1/400
„ H 600 DIN 42615 .	48	M 22	18	41	DT 1/600

Werkstoff: Messing

K. Anschlußfahne





1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Bezeichnung	a	b	c	d_1	d_2	d_3	d_4	e	f	g	h	i	k	l	m	r	Klemmschraube DIN 932	Für Durchführung
Anschlußfahne K 1000 DIN 42615	12	45	10	M 30 × 1,5	14	10,5	M 10	23	10	37	62	32	15	127,5	92	12,5	M 10 × 45	DT 1/1000
„ K 1600 DIN 42615	15	60	13	M 40 × 1,5	18	13	M 12	30	12	50	80	40	20	160	115	15	M 12 × 60	DT 1/1600

Werkstoff: Messing

Werkstoff: Messing
Gewinde: Metrisch nach DIN 14, Metrisches Feingewinde nach DIN 243

Zusammenstellung siehe DIN 42615 Blatt 1

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

DK 621.315.62(083.133.1) Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr Mai 1941

Transformatoren

Durchführungen für Innenraum und Freiluft

Reihenspannung 1 kV, 200 bis 1600 A

Dichtringe

Einspruchsfrist: 15. Juli 1941

Elektrotechnik

DIN Entwurf 1 42615 Blatt 5

Maße in mm

1	2	3	4	5	6	7	8
	Bezeichnung	D	d	s	t	Werkstoff	Für Durchführung
L. Kegeldichtring	Kegeldichtring L 200 DIN 42615	21	12	8	2,2	Öl-beständiger Gummi (z. B. Perbunan)	DT 1/200
	„ L 400 DIN 42615	27	16	9,5	2,5		DT 1/400
	„ L 600 DIN 42615	37	22	12	2,8		DT 1/600
	„ L 1000 DIN 42615	47	30	13,5	3,1		DT 1/1000
	„ L 1600 DIN 42615	59	40	15	3,4		DT 1/1600
M. Dichtring	Dichtring M 200 DIN 42615	28	13			It-Platte (z. B. Klingerit)	DT 1/200
	„ M 400 DIN 42615	35	17				DT 1/400
	„ M 600 DIN 42615	48	23				DT 1/600
	„ M 1000 DIN 42615	58	31				DT 1/1000
	„ M 1600 DIN 42615	75	41				DT 1/1600
N. Dichtring am Deckel, oben und unten	Dichtring N 200 DIN 42615	50	30				DT 1/200
	„ N 400 DIN 42615	60	36				DT 1/400
	„ N 600 DIN 42615	75	47				DT 1/600
	„ N 1000 DIN 42615	95	52				DT 1/1000
	„ N 1600 DIN 42615	105	60				DT 1/1600
P. Dichtring	Dichtring P 200 DIN 42615	45	26				DT 1/200
	„ P 400 DIN 42615	52	31				DT 1/400
	„ P 600 DIN 42615	60	39				DT 1/600
	„ P 1000 DIN 42615	80	47				DT 1/1000
	„ P 1600 DIN 42615	90	60				DT 1/1600

Zusammenstellung siehe DIN 42615 Blatt 1

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

Umstell-Vorschriften für elektrische Maschinen

VDE-Ausschuß für Maschinen

DK 621.313.1(083.133.1)

VDE 0530 Ua/V. 41

1. Änderung der ab 1. Februar 1940 gültigen Fassung

Gültig ab 1. Juni 1941[1])

§ 38

Wärmebeständigkeit der Isolierstoffe

In Tafel III „Wärmebeständigkeitsklassen" wird zwischen die Klassen A und B eine neue Klasse Ah[2]) mit folgendem Wortlaut eingeschoben:

Tafel III. Wärmebeständigkeitsklassen.

	I	II	III
	Klasse	Isolierstoff	Behandlung
1	A	. . . .	. . .
2	Ah	Wärmebeständige Kunststoff-Folien (z. B. Triazetatfolie)	—
3	B	. . . .	. . .

1) Genehmigt durch den Vorsitzenden des VDE im Mai 1941.
2) Das h deutet auf hitzebeständig hin.

§ 39

Grenzwerte der Erwärmung

In Tafel IV a „Grenzerwärmungen" ändern sich die waagerechten Spalten 1 bis 3 infolge Aufnahme der neuen Klasse Ah in § 38 wie folgt:

Tafel IV a. Grenzerwärmungen.

	I	II	III	IV	V
	Wicklungen mit Isolierung nach Klasse*)	A	Ah	B*)	C
1	Alle Wicklungen mit Ausnahme von 2 .	. . . .	80°	. . . .	. . . .
2	Einlagige Feldwicklungen allgemein, ebenso in Volltrommelläufern zweilagige Feldwicklungen	. . . .	80°	. . . .	
3	Kommutatoren . . . . Schleifringe.	. . . .	60° 60°	. . . .	. . . .



RUNDSCHAU

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung

DK 621.316.933 : 551.594.221

Blitz und Blitzschutz in Verteilungsanlagen. [Nach R. C. Bergvall u. E. Beck, Electr. Engng. 59 (1940) Transactions S. 442; 7 S., 12 B.]

Umfangreiche Messungen haben bereits viele Anhaltspunkte über die Größe der Entladungsströme in Überspannungsableitern geliefert. Es ergaben sich Ströme bis zu 65 000 A mit einer Fließdauer bis zu 100 µs. Derartige kurzzeitige Entladungen haben die Überspannungsableiter in den meisten Fällen ableiten können; denn insgesamt wurden nach Angaben der Verfasser in den letzten acht Jahren im Mittel jährlich nur 0,25% aller Autovalve-Ableiter zerstört. Jedoch traten in einigen ländlichen Bezirken Schäden an 4% der Autovalve-Ableiter auf. Durch eingehende Untersuchungen wurden die Ursachen dieser Zerstörungen z. T. aufgedeckt.

Zunächst wurden alle aus dem Betrieb zurückkommenden Ableiter einer genauen Kontrolle unterzogen, gleichgültig ob sie zerstört waren oder nicht. Dabei ergab sich, daß die Ableiter sowohl kurzzeitige große Stoßströme als auch länger dauernde geringerer Amplitude abgeleitet hatten. Voraussetzung für die Auswertung dieser Quellen ist das richtige Lesen der Strommarken auf den Elektroden der Funkenstrecken[1]).

Ferner wurden weitere Strommessungen an unmittelbaren Blitzschlägen gemacht, besonders auch solchen, die von Überspannungsschutzgeräten abgeleitet wurden. Dabei war bisher jedoch meistens nur der Scheitelwert des Stromes einigermaßen genau ermittelt[2]), die gesamte Fließdauer dagegen konnte nur ungenau ausgewertet werden, weil die Empfindlichkeit des K. O. jeweils auf die größtmögliche Stromstärke eingestellt werden mußte, dabei aber ein länger fließender, kleiner Strom keinen auswertbaren Ausschlag mehr ergab.

Vor etwa einem Jahre wurde nun ein neues Blitzstrommeßgerät entwickelt, der sogen. „Fulchronograph". Er gestattet, die volle Blitzentladung von großen bis zu kleinen Stromstärken auszuwerten. Mit diesem Apparat sind schon sehr viele durch Ableiter geflossene Blitze gemessen worden, aber es ist bisher dabei noch kein Ableiter zerstört worden, so daß damit die oben erwähnte hohe Störziffer in bestimmten Gebieten noch nicht erklärt werden konnte. Vielleicht ist sie aber darauf zurückzuführen, daß dort die Ableiter sehr viele langdauernde Blitze geringer Stromstärke abzuführen haben. Denn Erfahrungen aus dem Versuchsfeld beweisen, daß Überspannungsableiter kurzzeitige große Blitze sehr viel besser ableiten können, als langdauernde geringerer Höhe.

Von anderen Messungen[3]) her ist ferner bekannt, daß bei sehr vielen Blitzen einer kurzzeitigen großen Stromamplitude noch ein kleiner Strom von einigen 100 A, aber längerer Dauer nachfolgt. Wenn dieser kleinere Strom nicht gemessen wurde, so wird das darauf zurückzuführen sein, daß der zu dem Ableiter parallel geschaltete Verteilungstransformator diesen Teil des Stromes abführt. Rechnungen zeigen, daß Transformatoren größerer Leistung die Ableiter weitgehender entlasten als kleinere. Darauf könnte die obengenannte höhere Störziffer an Ableitern in ländlichen Bezirken mit Transformatoren kleiner Leistung vielleicht zurückzuführen sein.

Man hat sich in den letzten Jahren bemüht, Überspannungsableiter zu entwickeln, die auch Stromstöße längerer Fließdauer abzuleiten vermögen, und hat sie in die Netze eingebaut, in denen normale Ableiter in erhöhtem Maße versagt hatten. Nach den Erfahrungen von zwei Gewitterperioden wurde von den Verfassern festgestellt, daß diese Ableiter sich wesentlich besser bewährt haben als die bisher verwendeten. *Sie.*

Verkehrstechnik

DK 621.333 : 621.337.521

Die Beanspruchung des Straßenbahnmotors bei elektrischer Bremsung — Der Nachweis der Bremseignung durch Prüffeldversuche. [Nach L. Monath, Verkehrstechnik 21 (1940) S. 251 u. S. 264; 7 S., 9 B.]

Durch VDE 0535, REB 1938 werden im § 45 zum erstenmal für Straßenbahnmotoren, die mit Widerstandsbremsung arbeiten, — und das sind in Deutschland fast alle — Bremsprüfungen vorgeschrieben, die im Prüffeld auszuführen sind und zum Nachweis der Bremseignung dienen sollen[1]).

[1]) Vgl. VDE-Fachber. 10 (1938) S. 35 und R. Foitzik, ETZ 60 (1939) S. 89 u. 128.
[2]) Vgl. ETZ 59 (1938) S. 1217.
[3]) ETZ 61 (1940) S. 835.

Ausgehend von einem Vorschlag von Töfflinger[2]) werden zwei gleiche Motoren direkt gekuppelt, der eine Motor in normaler Hauptstromschaltung von einem regelbaren Netz oder über Widerstände gespeist und der zweite als Hauptstromgenerator geschaltet. Das Aggregat wird leer auf eine Drehzahl n_v hochgefahren, die etwa 10% über der höchsten Betriebsdrehzahl n_b liegt, und dann der zweite Motor auf einen Widerstand R geschaltet, der in seiner Größe so zu wählen ist, daß sich als Höchstwert die Spannung U_{max} und der Strom I_{max} bei der Drehzahl n_b einstellen. Dabei soll das Produkt $U_{max} \times I_{max}$ mindestens $= 6\ U\ I$ sein, d. h. mindestens gleich der 6-fachen Leistungsaufnahme $U\ I$ bei Stundenleistung.

Der Aufsatz untersucht, wie weit dieses Prüffeldverfahren den Betriebsverhältnissen der Praxis neuzeitlicher Straßenbahnbetriebe gerecht wird.

Im Teil A wird an Hand eines Beispiels rechnerisch ermittelt, welche größte Strom- und Spannungsbeanspruchung des Motors eintritt, wenn von den heute zulässigen höchsten Fahrgeschwindigkeiten unter möglichst scharfer Ausnutzung der Haftgrenze gebremst wird. Für eine derartige Gefahrenbremse wird dabei mit dem Haftwert $\mu = 1/3$ gerechnet, und es ergibt sich für einen zweiachsigen Wagen, der aus 56 km/h einschließlich Beiwagen rein elektrisch abgebremst werden soll für eine mittlere Bremsverzögerung von 2 m/s² ein Wert von rund 6 $U\ I$.

Im Teil B folgen Betriebsmessungen, die zwecks Klärung der Erscheinungen bei Kurzschlußbremsung vor längerer Zeit unter Aufnahme zahlreicher Oszillogramme an zweiachsigen Wagen der BVG mit ähnlichen Motoren durchgeführt wurden, zur Stützung der angestellten Überlegungen. Es werden besonders drei Messungen ausgewertet, nämlich:

1. eine Gefahrenbremsung mit Sanden auf eigenem Bahnkörper von $V_{max} = 59{,}3$ km/h aus mit der mittleren Bremsverzögerung $p_{Bm} = 2{,}58$ m/s² Triebwagen allein, rein elektrisch gebremst. Man findet $(U_{max}\ I_{max}) = 6{,}5\ U\ I$ (siehe Bild 1) bei 50 km/h.
2. Eine Gefahrenbremsung mit Sandung auf normalem Straßenbahngleis von $V_{max} = 27{,}5$ km/h aus, $p_{Bm} = 2{,}01$ m/s². Man findet $(U\ I_{max}) = 3{,}5\ U\ I$.
3. Durchreißen der Bremskurbel bei $V_{max} = 29$ km/h, $p_{Bm} = 1{,}98$ m/s². Man liest ab $(U\ I)_{max} = 5{,}7\ U\ I$, jedoch große Differenzen zwischen Vorder- und Hinterachse und starkes Gleiten der letzteren.

[1]) K. Lüdde, ETZ 58 (1937) S. 1055.
[2]) K. Töfflinger, ETZ 56 (1935) S. 1326.

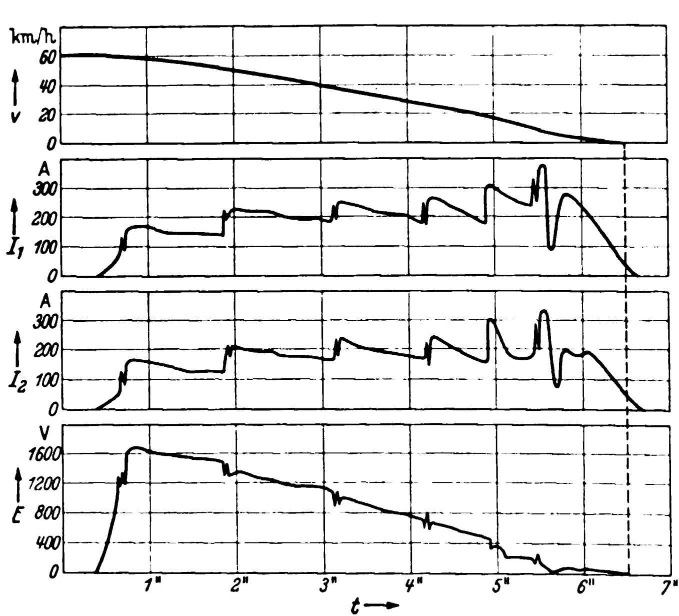



Bild 1. Bremsmessungen auf der Strecke. Gefahrenbremsung mit Sandung von $v_{max} = 59{,}3$ km/h aus auf normalem Straßenbahngleis.

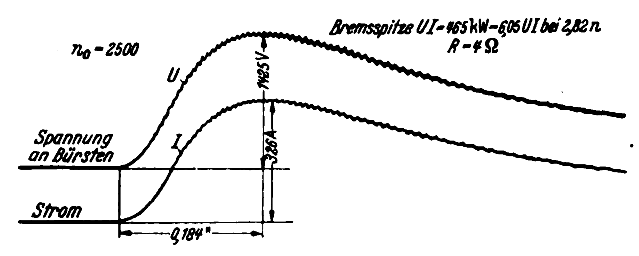


Bild 2. Bremsmessung im Prüffeld. Bremsspitze gleich 465 kW = 6,05 $U\,I$ bei 2,82 n.

Die den Bremsweg verlängernde schädliche Wirkung des Durchreißens vor allem bei höheren Geschwindigkeiten wird erörtert und auf die Verschiedenheit der Achsbelastung hingewiesen.

Im ganzen ergibt sich aus den genannten Betriebsmessungen, daß die Forderung 6 $U\,I$ einer Gefahrenbremsung aus hoher Fahrgeschwindigkeit gut entspricht. Zwar wurden die Oszillogramme an Ausrüstungen mit grobstufiger Steuerung (sieben Bremsstufen) gewonnen, doch gelten die gezogenen Schlußfolgerungen auch für neuzeitliche Vielstufensteuerungen.

Teil C bringt die Meßergebnisse des Prüffeld-Bremsverfahrens und Nachrechnungen an vier neueren Straßenbahnmotoren verschiedener elektrischer Auslegung. Bild 2 zeigt z. B. den Wert $(U\,I)_{max} = 6{,}05\,U\,I$ bei der Ausgangsdrehzahl $n_0 = 2{,}82\,n$, wobei die Stundendrehzahl n auf die Nennspannungen 600 V bezogen ist. Die Prüffeldbremsproben werden erörtert, und es wird eine gute Übereinstimmung der Beanspruchungen bezüglich Strom und Spannung mit den durch Rechnung gefundenen des Abschnittes A und den Betriebswerten des Abschnittes B festgestellt.

In abschließender Behandlung des Themas „Stromwendung" wird an Hand von Nachrechnungen der behandelten Motoren der Einfluß der Bremsforderungen auf die Motorauslegung erörtert.

Wenn auch die Fragen der Stromwendung beim Bremsen im Vordergrund stehen, so wird doch im Teil A (rechnerische Untersuchung) auch auf die Motorbeanspruchung bezüglich Erwärmung näher eingegangen. Im behandelten Zahlenbeispiel wird für gegebenes Wagengewicht, gegebene Anfahrbeschleunigung und mittlere Bremsverzögerung zu jedem Haltestellenabstand der für Fahrt + Bremsung thermisch äquivalente Motordauerstrom ermittelt, so daß auch die Erwärmungsbeanspruchung für Fahrt + Betriebsbremsung festliegt. Für Gefahrenbremse hat die Rechnung auf Erwärmung nur bedingten Wert, da eine solche Bremsung so selten vorgenommen wird, daß ihr Einfluß auf die Motorerwärmung bedeutungslos wird.

eb.

Meßgeräte und Meßverfahren

DK 621.317.726

Scheitelfaktormeßbrücke für Hochspannung. [Nach H. Warnecke, Arch. Elektrotechn. 35 (1941) H. 4, S. 229; 15½ S., 14 B.]

Die Spannungskurve von Hochspannungsprüfanlagen zeigt oft eine erhebliche Abweichung von der Sinuskurve. Da der Durchschlag und Überschlag in Gasen vom Scheitelwert und der Durchschlag von Isolierstoffen technischer Reinheit vom Effektivwert abhängt, interessiert bei Hochspannungsuntersuchungen, welche Abweichung der Scheitelfaktor der Prüfspannung gegenüber dem Scheitelfaktor der Grundschwingung zeigt. — In der Brückenschaltung sind zwei Scheitelspannungsmeßanordnungen nach Chubb (die Scheitelspannung ist bei bekannter Frequenz dem Mittelwert der Halbwelle des Ladestromes eines Kondensators proportional) eingebaut. Die eine erzeugt an einem regelbaren Meßwiderstand einen dem Scheitelwert der zu messenden Hochspannung proportionalen Spannungsabfall; die andere Anordnung ruft an einem zweiten festen Meßwiderstand einen Spannungsabfall hervor, der dem Scheitelwert der zugehörigen Grundschwingung, die mit einem Siebkreis ausgesiebt wird, proportional ist. Die beiden Anordnungen sind in Reihe geschaltet, so daß das Verhältnis der beiden Scheitelwerte unabhängig von der Größe der Kapazität des Hochspannungskondensators ist. Die Spannungsabfälle an den beiden Meßwiderständen werden über ein Drehspulgalvanometer miteinander verglichen. Der regelbare Widerstand ist mit einer Skala versehen, an der man die prozentuale Abweichung des Scheitelfaktors vom Grundwellenscheitelwert direkt ablesen kann. Eine zweite Regelung ist eingebaut, um kleine Frequenzschwankungen, welche die Messung fälschen würden, auszuregeln. — Mit der Brückenschaltung wurden verschiedene Hochspannungskurven ausgemessen und durch Zuschaltung von Hochspannungskondensatoren (Grundwellenresonanz) die Spannungskurve sinusförmig gemacht. Eine andere Möglichkeit zur Verbesserung der Spannung besteht darin, daß eine große Niederspannungskapazität parallel zum Generator gelegt wird, und man einen Vorwiderstand zwischen Generator und Parallelkapazität schaltet, so daß der verzerrte Anteil des Magnetisierungsstromes vom Generator ferngehalten wird.

DK 621.317.42 : 621.385.832.013

Elektroballistisches Meßverfahren zur Konstruktion von Elektronenbahnen im rotationssymmetrischen Magnetfeld. [Nach A. Sándor, Arch. Elektrotechn. 35 (1941) H. 4, S. 217 und H. 5, S. 259; 28 S., 9 B.]

Infolge der durch Vielgestaltigkeit von Elektronenlinsen bedingten physikalisch-mathematischen Schwierigkeiten bei der Ermittlung der für den Trägerbahnverlauf maßgebenden Potentialfunktion konnten rein theoretische Untersuchungen nur in den trivialsten Fällen der Praxis brauchbare Ergebnisse liefern. Der an Entwicklungsarbeiten interessierte Techniker zieht jedenfalls meßtechnisch-graphische Lösungsverfahren vor.

Erst 1936 wurde die technische Elektronenoptik mit einer indirekten Methode bekanntgemacht, die es ermöglicht, das räumliche Bahnproblem im rotationssymmetrischen Magnetfeld auf ein rein elektrisches, daher ebenes zurückzuführen, indem die Drehgeschwindigkeiten des Elektrons um die optische Achse durch entsprechende elektrische Hilfspotentiale ersetzt werden, welche aus den magnetischen Feldgrößen der Linse rechnerisch herleitbar sind. Elektronenstrahlen beliebiger Einfallsrichtung und Spannung können, ebenso wie in gewöhnlichen elektrischen Feldern, in das Hilfsfeld eingezeichnet werden. Ist ein zum Magnetfeld koaxiales, elektrisches Feld vorhanden, so wird das Hilfsfeld einfach durch skalare Superposition der Einzelpotentiale gewonnen. Elektronenoptische Hauptgrößen, wie Lage der Brennpunkte, der Hauptebenen und exakte Brennweiten, sowie die wesentlichsten Abbildungsfehler sind durch Verfolgung maßgebender Strahlenbahnen feststellbar. Allerdings setzt das Verfahren die Kenntnis der magnetischen Feldfunktion voraus. Diese zu ermitteln, ist die nähere Aufgabe der Arbeit.

Auf elektroballistischer Grundlage wird ein technisch vollkommenes Meßgerät zur punktweisen Aufmessung der Funktion des Induktionsflusses entwickelt und in allen wesentlichen Teilen theoretisch eingehend untersucht. Die Vorrichtung ermöglicht die Ausmessung sämtlicher drehsymmetrischen Magnetlinsen. Der hohen Meßgenauigkeit entsprechend werden auch alle versuchstechnischen Maßnahmen ausführlich dargelegt, die für Messungen an Luft- und Eisenspulen von Bedeutung sind. Außer für den Sonderzweck der Elektronenbahnkonstruktion eignet sich das Meßverfahren auch in allen jenen Fällen der Elektrotechnik, in denen es sich um die qualitative und quantitative Beurteilung des Magnetfeldes von rotationssymmetrischen Systemen handelt.

Als Anwendungsbeispiel wird für eine eisengekapselte Magnetlinse mit Streuspalt, wie sie z. B. als Projektionslinse an Elektronenmikroskopen Verwendung findet, die Feldfunktion aufgenommen, das elektrische Hilfspotentialfeld daraus rechnerisch-graphisch abgeleitet und zur Trägerbahnkonstruktion herangezogen. Letztere liefert die elektronenoptischen Kardinalpunkte, die für Abbildungsvorgänge von Interesse sind, sowie den Nachweis recht erheblicher Öffnungsfehler für relativ große Strahlquerschnitte. Falsche Formgebung am Eisenmantel und daraus sich ergebende Feldstörungen werden aus den Meßkurven direkt abgelesen.

Fernmeldetechnik

DK 621.315.232

Das Kriechen von Erdkabeln. [Nach H. Schmid, Europ. Fernsprechdienst, 56. Flg. (1940) S. 204; 2½ S., 5 B.]

Die Kriecherscheinungen an Röhrenkabeln wurden an verschiedenen Stellen mehrfach beobachtet und eine Erklärung hierfür wurde zu geben versucht. Aber auch im Erdkabel ist dieser Bewegungsvorgang beobachtet worden. Bei Gelegenheit der Fehlerbeseitigung in dem Fernleitungskabel Feldkirch—Bregenz mußte eine Kondensatormuffe geöffnet werden. Dabei zeigten sich Veränderungen in der Lage der Kabelseele. Sie war gegenüber dem Bleimantel in der Hauptrichtung des über dem Kabel abrollenden Straßenverkehrs verschoben worden. Der Unterschied dieser Kriechbewegung gegenüber demselben Vorgang beim Röhrenkabel liegt darin, daß die nichtbewehrten Röhrenkabel als Ganzes in den Steinzeugröhren vorwärts-

gekrochen waren, während sich hier nur das Adernbündel mit der Spleißung vorwärts bewegt hatte. Der Verfasser lehnt die für das Kriechen in Röhrenkabeln gegebenen Erklärungsversuche, die in den angestellten Messungen und Untersuchungen nicht genügend bewiesen werden konnten, ab. Er erklärt den Kriechvorgang durch die Einwirkung einer von dem rasch fahrenden Fahrzeug ausgehenden stoßartig wirkenden Kraft, bei der eine Komponente, vom Gewicht des Fahrzeugs herrührend, die Bodenteilchen in lotrechte Schwingungen versetzt, die sich längs der Fahrspur als stehende Welle darstellen läßt. An der Berührungsstelle der Räder tritt ferner eine entgegengesetzt zur Bewegungsrichtung wirkende Radumfangkraft auf. Von ihr gehen ruckartige Bewegungen aus, die auf das Kabel übertragen werden. Diese Bewegungen wird die Kabelseele nur entsprechend dem Reibungswiderstand zwischen Seele und Mantel mitmachen, also hinter der Bewegung des Kabelmantels zurückbleiben. Gleichartige Vorgänge in den Nachbarabschnitten verstärken die Stoßwirkung. Der Verfasser erläutert die Vorgänge durch Zeichnungen. Abhilfe kann nur durch Verlegen der Kabel aus der Fahrbahn geschaffen werden. *Kbr.*

DK 538.566

Die Berechnung der Raumwellenübertragung. [Nach K. Maeda u. T. Kohno, Nippon Electr. Commun. Engng. 20 (1940) S. 236; 11 S., 14 B.]

Die Verfasser berechnen die Ausbreitung der Raumstrahlung über die Ionosphäre in bekannter Weise nach geometrisch-optischen Verfahren. Sie gehen hierbei aus von der einfachen Formel für den Brechungsindex $n^2 = 1 - \frac{e^2 N}{m \pi f^2}$ (n Brechungsindex, N Zahl der Ladungsträger im cm³, e Elementarquantum, m Masse der Ladungsträger, f Frequenz der Strahlung), die durch Nullsetzen der Eigenfrequenzen aus der Lorentzschen Dispersionstheorie folgt. Weitere Voraussetzungen sind, wie z. B. auch bei den Arbeiten von Försterling und Lassen, die Gültigkeit des Snelliusschen Brechungsgesetzes und die Annahme einer bestimmten Verteilung der Ladungsträger mit der Höhe, die der Schichtung der Ionosphäre entspricht. Im wesentlichen wird von den Verfassern mit parabolischem Anstieg der Ionisation gerechnet. Die etwas komplizierten Endformeln ergeben den Zusammenhang $d = f\,(f_c/f,\ i_o,\ z_o,\ z_d)$. Dabei ist d die Entfernung Sender—Empfänger, f_c die Grenzfrequenz bei senkrechtem Einfall, f die Übertragungsfrequenz, i_o der Einfallswinkel, z_o die Höhe der unteren Schichtgrenze, z_d die Höhendifferenz von der unteren Grenze bis zum Schichtmaximum. Die Verfasser geben auf Grund von Echomessungen des Elektrotechnischen Laboratoriums Tokio Werte für z_o und z_d an, die für die F-Schicht mit der Tages- und Jahreszeit veränderlich sind. Die Werte sind im Sommer größer als im Winter; z_o schwankt zwischen 320 und 220 km, z_d zwischen 125 und 85 km. Für die E-Schicht ist dagegen immer z_o = 90 km und z_d = 25 km.

Mit den genannten Daten errechnen die Verfasser den Zusammenhang $d = f(i_o)$ mit $p = f_c/f$ als Parameter. Die Ergebnisse sind für die verschiedenen Jahres- und Tageszeiten in Kurven dargestellt. Bei gegebener Entfernung Sender—Empfänger und bei bekanntem f_c (Grenzfrequenz für senkrechten Einfall) kann man aus den Kurven entnehmen, ob erstens eine Übertragung auf diese Entfernung möglich ist, zweitens ob auch Mehrfachreflexionen auftreten können, drittens ob die Reflexion unter Umständen zum Teil an der E-Schicht stattfindet. Viertens kann man allgemein bei bestehenden Verbindungen den Winkel ermitteln, unter dem die Strahlung am Empfangsort einfällt. In einer weiteren Kurvenserie haben die Verfasser noch p als Funktion der Entfernung dargestellt. Der besondere Wert der Arbeit liegt in der zahlenmäßigen Auswertung der Übertragungsformeln. Die Kurven gestatten eine unmittelbare praktische Anwendung der durch Messungen recht gut bestätigten Theorie. *B. Bn.*

DK 551.59 : 621.395.74 (73/79)

Sonnenflecke und Fernsprechdienst. [Nach G. Ireland, Bell Teleph. Quart. 19 (1940) S. 184; 12½ S., 9 B.]

Bereits im Jahre 1847 wurde das Auftreten außergewöhnlicher elektromagnetischer Störungen bei den zur damaligen Zeit mit einem Draht und Erde arbeitenden Telegraphenlinien beobachtet. Schon wenige Jahre später wurden diese Erscheinungen mit dem Auftreten von Nordlichtern und eigenartigen Störungen der Kompaßnadel in Verbindung gebracht. Beobachtungen seit vielen Jahren haben ergeben, daß diese Erscheinungen auf eine besondere Tätigkeit der Sonne zurückzuführen sind und stets mit dem Auftreten von Sonnenflecken in Zusammenhang stehen. Ein Schaubild zeigt die relative Zahl der Sonnenflecken und die Größe der magnetischen Änderungen von 1835 bis 1939. Beide Schaulinien haben die gleichen Merkmale und zeigen regelmäßig ausgesprochene Höchstwerte in einem Zeitraum von 11 Jahren. Für die Jahre von 1929 bis 1939 ist außerdem eine Schaulinie über den Störungsumfang auf dem Kurzwellenbereich eingetragen, die die gleichen Züge erkennen läßt. Obwohl die Ansichten über die Zusammenhänge keineswegs einheitlich sind, wird doch allgemein angenommen, daß von den Sonnenflecken besondere elektrische Strömungen ausgehen, die in der Heaviside-Schicht Veränderungen hervorrufen, die Rückwirkungen auf der Erde, und zwar besonders an den magnetischen Polen, zur Folge haben. Ein ganz besonders heftiges Auftreten elektromagnetischer Stürme wurde in Amerika am 24. und 25. März 1940 beobachtet[1]). Es begann in den V. S. Amerika nach Eastern Standard Time um 8^{50}, verstärkte sich besonders gegen 10^{45}, erreichte seinen Höhepunkt um 12^{00} und ebbte von 14^{00} an ab. Der normale Zustand trat erst wieder am 25. März gegen 9^{00} ein. Zu derselben Zeit wurde auch eine unverhältnismäßig große Zahl von Sonnenflecken festgestellt. Weiterhin wurden in der Nacht vom 24. zum 25. März ungewöhnliche Nordlichterscheinungen beobachtet.

Bei den Fernmeldelinien begannen ebenfalls am 24. März gegen 9^{00} zahlreiche Störungen aufzutreten. Zwischen 10^{00} und 10^{30} traten Störungen in weit voneinander gelegenen Gegenden wie Ontario, Canada, Connecticut, Minnetosa und an der Pazifikküste auf. Infolge des Ansprechens der Sicherungen und Schutzvorrichtungen war es schwer, den eigentlichen Höhepunkt der Störungen festzustellen; zweifelsohne lag er zwischen 11^{30} und 15^{00}. Nach 16^{00} traten nur noch verhältnismäßig wenig Störungen ein. In Boston wurden Erdspannungen beobachtet, die auf einer Strecke von 120 km zwischen + 600 V und — 400 V wechselten. An einer anderen Stelle wurden auf einer Strecke von 32 bis 40 km Spannungen von 350 V erreicht. Dabei wechselten die Spannungen innerhalb Sekunden. Ein Schaubild zeigt die Erdpotentialdifferenz zwischen Minneapolis, Minnesota, und Fargo, North Dakota, die von einem schreibenden Spannungsmesser aufgenommen ist. Während die Erdpotentialdifferenz sonst nahezu bei Null liegt, zeigt das Bild Schwankungen zwischen + 400 V und — 400 V in den Störungszeiten. Auch der Übersee- und Schiffsfunk war zu diesen Zeiten gestört. Ein anderes Schaubild zeigt die Zeiten, an denen der Überseedienst von den V. S. Amerika nach London, Amsterdam, Rom und Paris unterbrochen war. Die nur noch in geringem Umfange vorhandenen, mit einem Draht und Erde arbeitenden Telegraphenanlagen des Bellsystems waren für kurze Zeiträume betroffen. Bei dem Telegraphen- und Fernsprechdienst über größere Entfernungen, der ausnahmslos auf dem Drahtwege abgewickelt wird, sprachen Tausende von Sicherungen an und vermieden dadurch größere Schäden an den technischen Einrichtungen und Apparaten. Die Seltenheit und kurze Dauer der großen magnetischen Stürme läßt es als unzweckmäßig erscheinen, besondere Einrichtungen zu schaffen, um sich vollständig gegen sie zu schützen. *M. Ms.*

Physik

DK 537.523.5

Die Physik des Hochstrom-Kohlelichtbogens. [Nach W. Finkelnburg, Z. Phys. 113 (1939) S. 562; 20 S., 9 B. — 114 (1939) S. 734; 13 S., 5 B. — 116 (1940) S. 214; 20 S., 9 B.].

Der gewöhnliche Kohlelichtbogen geht durch Steigerung der Anodenbelastung in den technisch wenig interessierenden zischenden Bogen über. Wählt man aber als Positivkohle eine Dochtkohle mit Verbindungen seltener Erden im Docht, so erhält man bei einer Anodenbelastung über 100 A/cm² eine neue Bogenform, die nach ihrem Erfinder Beckbogen genannt wird und sich durch eine aus dem Anodenkrater hervorbrechende „Flamme" höchster Leuchtdichte sowie elektrisch durch eine steigende Charakteristik auszeichnet. Obwohl technisch seit der Entdeckung 1912 viel verwendet, waren überraschenderweise die physikalischen Eigenschaften sowie der Entladungs- und Leuchtmechanismus noch kaum untersucht. Dies ist daher das Ziel der Arbeiten von Finkelnburg, in denen außer dem eigentlichen Beckbogen auch die durch Überlastung gewöhnlicher Kohleanoden entstehenden Hochstromkohlebögen untersucht werden.

Über eine erste Arbeit[2]), in der die Strom-Spannungs-Charakteristiken der verschiedenen Bögen und die sich aus ihnen ergebenden Gesetzmäßigkeiten mitgeteilt wurden, ist schon

[1]) S. a. ETZ 62 (1941) H. 5, S. 99 u. 100.
[2]) Z. Phys. 112 (1939) S. 305.



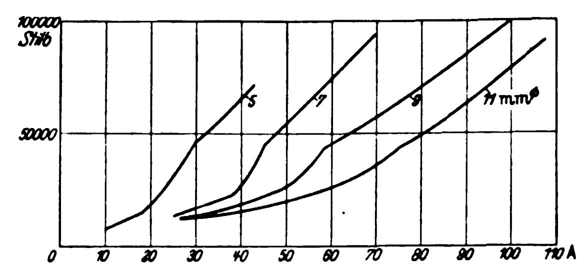


Bild 3. Leuchtdichte des Beck-Bogens in Abhängigkeit von der Stromstärke für verschiedene Durchmesser der Positivkohle.

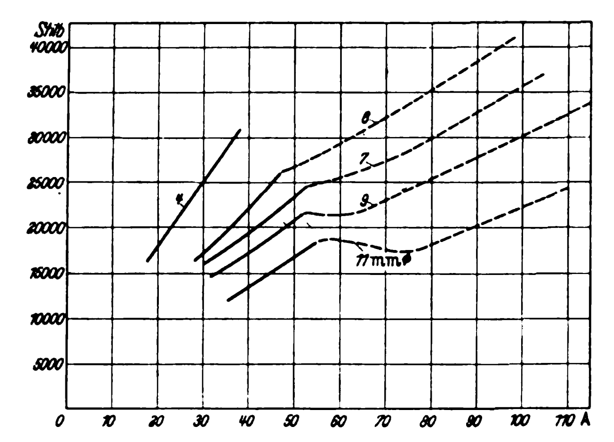
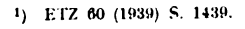


Bild 4. Leuchtdichte des zischenden Homogenkohlebogens in Abhängigkeit von der Stromstärke für verschiedene Durchmesser der Positivkohle. Ungestörter Teil ausgezogen, gestörter gestrichelt.

berichtet worden[1]). Die zweite Arbeit behandelt die Leuchtdichten, die Gesamtstrahlungsdichten und die schwarzen Temperaturen der Hochstromkohlebögen. Die Leuchtdichte wurde in Abhängigkeit von der Stromstärke und elektrischen Leistung für verschiedene Anodendurchmesser gemessen und der entscheidende Anteil der Anodenflammenstrahlung an der Gesamtleuchtdichte festgestellt (Bild 3 u. 4). Dabei wurden beim Beckbogen Leuchtdichten bis zu 180 000 Stilb, bei den übrigen Hochstrombögen solche bis 40 000 gemessen. Die Gesamtstrahlungsdichte $\int B_\nu \, d\nu/\mathrm{cm}^2$ wurde mit einer Thermosäule ebenfalls in Abhängigkeit von Stromstärke und Leistung für verschiedene Anodendurchmesser (die Stärke der Negativkohle ist unwesentlich) gemessen und maximale Strahlungsdichten von 3000 W/cm² bei Homogenkohlebogen und von 6000 W/cm² beim Beckbogen gefunden (Bild 5). Auch hier wurden der entscheidende Anteil der Anodenflammenstrahlung an der Gesamtstrahlung nachgewiesen. Aus den gemessenen Strahlungsdichten folgen nach dem Stefan-Boltzmannschen Gesetz schwarze Temperaturen der dem Krater vorgelagerten Dämpfe, die beim Homogenkohlebogen 4700°, beim Beckbogen 5800° abs. erreichen (Bild 6). Gastemperatur und Elektronentemperatur sind folglich noch bedeutend höher.

Die beiden letzten Arbeiten befassen sich mit dem Mechanismus des Hochstromkohlebogens. Dazu wurde durch Sondenmessungen der Anodenfall von drei verschiedenen Beckbögen und einem Homogenkohle-Hochstrombogen in Abhängigkeit von der Stromstärke bestimmt und nachgewiesen, daß die steigende Charakteristik der Hochstromkohlebögen durch einen mit der Stromstärke wachsenden Anodenfall bedingt ist. Weiter wurde der Abbrand der Positivkohlen der genannten Bögen in verschiedenen Gasen sowie in Abhängigkeit von der Stromstärke gemessen und damit eine Trennung der durch Verbrennung und durch Verdampfung bedingten Anteile des Anodenverlusts ermöglicht. Auf Grund der geschilderten Versuche und Messungen wird dann der Entladungsmechanismus des Hochstromkohlebogens wie folgt angegeben: Durch die gegenüber dem Niederstrombogen sehr erhebliche Stromstärkesteigerung bei konstanter Anodenstirnfläche (der eigentliche Hochstrombogen greift nicht auf die Seitenflächen der Anode über!) und durch die so bewirkte Steigerung der zugeführten Leistung wird die Anodenstirnfläche bis über die Verdampfungs-



[1]) ETZ 60 (1939) S. 1439.

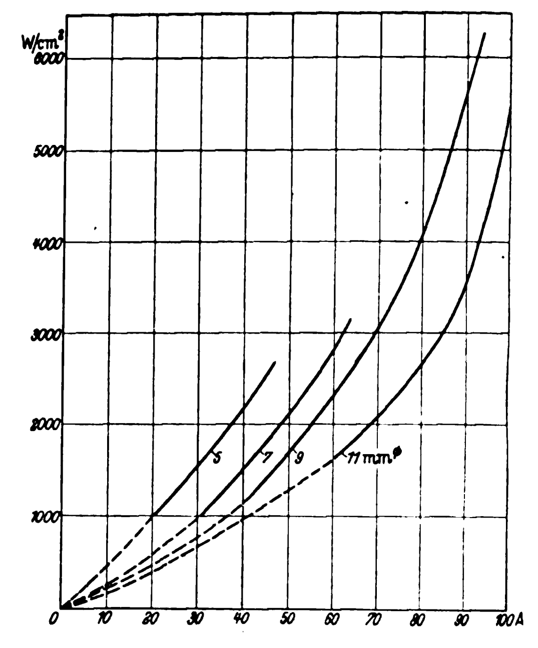


Bild 5. Gesamtstrahlungsdichte des Beck-Bogens in Abhängigkeit von der Stromstärke für verschiedene Durchmesser der Positivkohle (gestrichelter Teil extrapoliert).

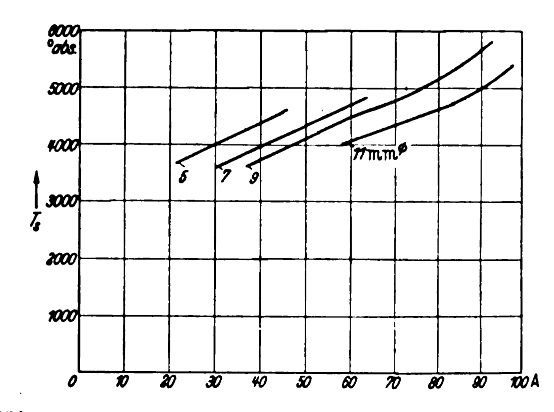


Bild 6. Schwarze Temperatur der Anodenflamme des Beck-Bogens in Abhängigkeit von der Stromstärke für verschiedene Durchmesser der Positivkohle.

temperatur erhitzt. Aus dem gemessenen Betrag der Anodenverdampfung läßt sich berechnen, daß der sich bildende Dampf mit einer Geschwindigkeit von maximal 10 m/s von der Anodenstirnfläche abströmt. Soll der Bogen dadurch nicht ausgeblasen werden, so muß die jeweils der Anode vorgelagerte Dampfschicht durch die aus der Bogensäule einströmenden Elektronen so hoch aufgeheizt werden, daß sie die zur Erhaltung der Säule notwendigen Ionen liefert, und die dazu erforderliche Energie kann nur durch automatische Erhöhung des Anodenfalls und damit entsprechend größere Beschleunigung der Elektronen vor der Anode geliefert werden. Dieser Mechanismus der dauernden Erzeugung und des Abströmens von hoch erhitztem Anodenmaterial-Dampf erklärt also die intensiv strahlende Anodenflamme (Beckflamme), deren Leuchten folglich als Abklingleuchten der hoch erhitzten Dämpfe anzusehen ist. Aus diesen Vorstellungen vom Mechanismus folgt eine Theorie des anomalen Anodenfalls, die aus den Messungen bestätigt wird. Die Theorie macht gleichzeitig den interessanten, empirisch aufgefundenen Zusammenhang zwischen Leuchtdichte, Anodenfall und Abbrand der Positivkohle bei allen Hochstromkohlebögen verständlich. Zum Schluß wird noch kurz auf die bei Stromstärken über 80 A sich langsam entwickelnde sogen. „negative Stichflamme" eingegangen, die auch vom Schweißbogen her bekannt ist. Sie wird als selbständige Kontraktion der Bogensäule gedeutet und ihre Eigenschaften sowie ihr Einfluß auf die Vorgänge an der Anode aus der Wirkung des magnetischen Eigenfeldes des Bogens erklärt. Die Fortsetzung der Untersuchungen ist im Gang. *eb.*

VERSCHIEDENES

BEKANNTMACHUNGEN

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker (Eingetragener Verein)

Fernsprecher: 30 06 31 — Postscheckkonto: Berlin 213 12
Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00
Postscheckkonto der ETZ-Verlag G. m. b. H.: Berlin 223 84

Transformatoren

Unter Mitarbeit der Wirtschaftsgruppen Elektroindustrie, Keramische Industrie, Elektrizitätsversorgung hat eine besondere Arbeitsgruppe einen Entwurf 1 zu

DIN 42615 „Durchführungen für Innenraum und Freiluft Reihenspannung 1 kV, 200 bis 1600 A"

aufgestellt, der in ETZ 62 (1941) H. 22, S. 502 veröffentlicht ist. Einsprüche und Anregungen hierzu können bei der VDE-Geschäftstelle bis zum 15. Juli 1941 eingereicht werden.

Ein weiterer Entwurf zu DIN 42616 „Durchführungen für Innenraum und Freiluft Reihenspannung 10 bis 30 kV, 200 A", wird im nächsten Heft der ETZ veröffentlicht.

Maschinen

Der Ausschuß für Maschinen hatte den Entwurf zu einer Änderung von

VDE 0530 U „Umstell-Vorschriften für elektrische Maschinen"

in ETZ 62 (1941) H. 12, S. 314 veröffentlicht. Die hierauf eingegangenen Anregungen und Einsprüche haben zu einer Neufassung dieser Änderung geführt, die in ETZ 62 (1941) H. 22, S. 506 veröffentlicht ist.

Diese Fassung wurde unter der Bezeichnung VDE 0530 Ua/V. 41 vom Vorsitzenden des VDE im Mai 1941 genehmigt und tritt am 1. Juni 1941 in Kraft.

In einem der nächsten Hefte der ETZ wird hierzu noch ein Einführungsaufsatz von K. Becker VDE und G. Kroker VDE veröffentlicht werden.

Sonderdrucke von VDE 0530 Ua/V. 41 können zum Preise von RM 0,10, zuzüglich Versandkosten, bei der ETZ-Verlag GmbH, Berlin-Charlottenburg, Bismarckstraße 33, bezogen werden.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
Der Geschäftsführer
Viefhaus

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker

Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus



Nachtrag zur Gebührenordnung der VDE-Prüfstelle

Der Reichskommissar für die Preisbildung hat unter dem 15. 3. 41 (Akt.-Z.: RfPr. VIII—426—1922/41) folgende mit Zustimmung des Vorsitzenden des VDE erfolgte Änderung bzw. Ergänzung der Gebührenordnung genehmigt.

Prüfgebühren

Geräteschalter bei Prüfung nach VDE 0630/1937

	RM
Geräteschalter bis 60°	50,—
Geräteschalter über 60°	60,—

Installationsrohr bei Prüfung nach VDE 0605/VI. 39

	für jede einzeln eingereichte Rohrgröße RM	für jede weitere gleichzeitig eingereichte Rohrgröße RM
Stahlrohr mit Auskleidung und Gewinde (Stahlpanzerrohr)	50,—	40,—
Stahlrohr ohne Auskleidung mit Gewinde	40,—	30,—
Stahlrohr ohne Auskleidung ohne Gewinde (Steckrohr)	40,—	30,—
Stahlrohr mit Mantel aus lackiertem Stahlblech	40,—	30,—

Leitungsschutzsicherungen bei Prüfung nach VDE 0635/XII. 39

	für jede einzeln eingereichte Stromstärke RM	für jede weitere gleichzeitig eingereichte Stromstärke der gleichen Serie RM
flinke Sicherungen	55,—	45,—
träge Sicherungen	70,—	60,—

Heizkissen bei Prüfung nach VDE 0725/XII. 38

	RM
Heizkissen[1]) einer Spannung	125,—
Heizkissen[1]) zum Gebrauch bei mehreren Spannungen (Reiseheizk.)	200,—

Galvanische Elemente und Batterien bei Prüfung nach VDE 0807/X. 39

	RM
Naß- und Füllelemente je Type	60,—
Für alle übrigen Elemente und Batterien mit einer für die Leistungsmessung unmittelbar im Anschluß an die Herstellung festgelegten Prüfdauer bis zu	
20 Tagen je Type	40,—
120 Tagen je Type	130,—
über 120 Tage je Type	160,—
Bei gleichzeitiger Einreichung gleichartiger Batterien verschiedener Größe, aber mit den gleichen Zellen zusätzlich je Type	5,—

Jahresgebühren

Galvanische Elemente und Batterien

	RM
Grundgebühr für Genehmigungsinhaber, die keine Prüfzeichengenehmigung für Anoden oder Gitterbatterien besitzen	100,—
Für Genehmigungsinhaber, die auch eine Prüfzeichengenehmigung für Anoden oder Gitterbatterien oder nur für diese Batterien besitzen	200,—
Außerdem für jedes Element bzw. für jede Batterie, die von der Prüfstelle zur Überprüfung entnommen wird, eine Kontrollprüfgebühr, und zwar für Naß- und Füllelemente je Prüfling	10,—
für alle anderen Typen je nach der Prüfdauer (s. oben)	
bis zu 20 Tagen je Prüfling	5,—
bis zu 120 Tagen je Prüfling	20,—
über 120 Tage	25,—

Isolierte Leitungen

	RM
Firmen, welche die Genehmigung zur Führung des schwarz-roten, schwarz-rot-grünen und schwarz-rot-blauen Verbandskennfadens oder eines dieser Verbandskennfäden besitzen, zahlen jährlich	
sofern Starkstromleitungen in Frage kommen	800,—
sofern Fernmeldeanlagen in Frage kommen	100,—
Für Genehmigungen zur Führung des schwarz-rot-gelben Verbandskennfadens (Versuchskennfaden) sind außerdem jährlich zu zahlen für	
1—4 Leitungsarten	200,—
für jede weitere Leitungsart zuzügl.	50,—

[1] Heizkissen mit schon geprüftem und genehmigtem Stecker, Schalter usw.

Beschwerdegebühr

Bei Beschwerden über Erteilung oder Ablehnung der Zeichengenehmigung	50,— RM
Bei Entziehung der Verbandszeichengenehmigung wegen Nichterfüllung geldlicher Verpflichtungen. Bei Beschwerden über Verhängung von Geldbußen bis 500,— RM.	$^2/_{10}$ des ausstehenden Betrages bzw. der verhängten Geldbuße (aufgerundet auf volle RM min. RM 20,— max. RM 50,—

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker
Dall

Sitzungskalender

VDE Bezirk Westmark-West, Saarbrücken. 6. 6. (Fr), 18[00], Handwerkskammer Saarbrücken I: „Verhalten des Kurzschlußlichtbogens hoher Leistung in Hochspannungsschaltanlagen und gekapselten Niederspannungsverteilungen". Dr. H. Freiberger VDE.

BUCHBESPRECHUNGEN

DK 621.385.1

Bücherei der Hochfrequenztechnik. Herausg. v. Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. J. Zenneck. Bd. 2 bis 4. Von Dr.-Ing. H. Rothe und Dr. phil. nat. habil. W. Kleen. Bd. 2: Grundlagen und Kennlinien der Elektronenröhren. Mit 196 B., VII u. 325 S. Preis geh. 18,40 RM, geb. 20 RM — Bd. 3: Elektronenröhren als Anfangsstufen-Verstärker. Mit 197 B., XIII u. 303 S. Preis geh. 17,40 RM, geb. 19 RM — Bd. 4: Elektronenröhren als End- und Sendeverstärker. Mit 118 B., X u. 141 S. Preis geh. 9,40 RM, geb. 11 RM. Format 155×230 mm. Akademische Verlagsgesellschaft Becker & Erler Kom.-Ges., Leipzig 1940.

Die Bände 2 bis 6 der Bücherei der Hochfrequenztechnik (bisher Band 2 bis 4 erschienen) bringen eine Folge von Darstellungen des Gebietes der Elektronenröhren, und zwar ihrer Grundlagen und wichtigsten Anwendungen. Trotz der mannigfachen Neuerscheinungen an Lehrbüchern und Einzeldarstellungen auf dem genannten Gebiete füllen diese Bände eine Lücke der Fachliteratur aus. Der besondere Wert und gleichzeitig ein hoher Reiz dieser Bücher liegt darin, daß die beiden Verfasser, die selbst als Forscher und Entwickler in den letzten Jahren an der modernen Entwicklung hervorragend beteiligt waren, den genannten Stoff vollkommen neu bearbeitet, mit den neuesten physikalischen Erkenntnissen angereichert und dem letzten Stand der Technik entsprechend geschlossen zur Darstellung gebracht haben. Die beiden Verfasser sind in der Fachliteratur bestens bekannt, nicht nur durch die Mitarbeit des ersteren am Handbuch der Experimentalphysik, Band 13, 2. Teil, der als ein Vorläufer der neuen Bände angesehen werden kann, sondern auch durch eine Reihe von Einzeldarstellungen und Forschungsarbeiten in verschiedenen Zeitschriften, insbesondere der „Telefunken-Röhre", die häufiger Einzelfragen des vorliegenden Stoffgebietes behandelten und erweiterten. So sind diese Bände in engster Fühlung mit der Technik entstanden und dabei besonders reich an gründlicher theoretischer und mathematischer Durcharbeitung des Grundlagenmaterials.

Die der gründlichen Durcharbeitung entstammende souveräne Beherrschung des Stoffes brachte eine flüssige Darstellung und eine klare Gliederung mit sich, die die Bände leicht lesbar machen. Die Unterteilung des Stoffes in fünf einzelne Bände wirkt sich nicht störend aus, da jeder Band ein abgerundetes Gebiet behandelt.

Band 2, Grundlagen und Kennlinien der Elektronenröhren, behandelt die physikalischen Grundlagen der Elektronenröhren und ihre sich in den Kennlinien ausdrückenden wichtigsten Eigenschaften einschließlich eines kurzen Abrisses über die hauptsächlichsten Bauformen, ohne auf Fragen der Anwendung einzugehen. Die Emissionsgesetze werden entsprechend ihrer für die heutigen Anwendungszwecke nur mehr geringen Bedeutung nur kurz gestreift und dann die Raumladungsgesetze abgeleitet. Die für den neuzeitlichen Röhrenbau, insbesondere der Mehrgitterröhren, so wichtigen Raumladungsgesetze mit größerer Anfangsgeschwindigkeit und die Grundgesetze der Stromverteilung werden sehr früh behandelt, ebenso die Potentialfelder in den Elektronenröhren.

Der zweite und gleichzeitig Hauptteil des Buches leitet aus den Grundgesetzen die wichtigsten Eigenschaften und Gesetzmäßigkeiten der praktisch vornehmlich in Betracht kommenden Röhrenarten Diode, Triode, Pentode und der modernen Mischröhren ab. Außer den verschiedenen Kennlinienfeldern werden auch die wichtigsten Neben- und Störerscheinungen besprochen. Durch eine saubere Trennung der Triode mit negativem Steuergitter und der Triode mit positivem Steuergitter wird viel zur Klärung der Grundlagen beigetragen. Ein dritter Abschnitt „Verschiedenes" behandelt einige Spezialfragen, Spezialröhren und eine kurze Übersicht über konstruktive Fragen.

Band 3 „Elektronenröhren als Anfangsstufen-Verstärker" behandelt die Probleme der Verstärkung mit Röhren in den Fällen, in denen die Kleinheit der Amplitude im Vergleich zum Aussteuerbereich noch keine optimale Leistungsausbeute erfordert. Dieser Band bringt neben der Darstellung der klassischen Theorie der Verstärkung eine geschlossene Behandlung der Verzerrungsfragen, insbesondere beim selektiven Hochfrequenzverstärker. Theorie und Schaltungstechnik der Mischröhren, die Verstärkungsregelung und der Breitbandverstärker haben eine über das übliche hinausgehende Beachtung gefunden. Für die Praxis besonders wertvoll ist der Abschnitt über Störerscheinungen in Elektronenröhren. Die Theorie des Rauschens, die in den letzten Jahren, besonders auch durch die Verfasser, sehr bereichert wurde, findet eine ausführliche Würdigung, daneben werden Klingen, Brummen und Störeffekte durch Sekundärelektronen der Isolatoren behandelt. Das in diesem Bande nicht behandelte Problem der Verstärkung bei kürzesten Wellen dürfte mit Rücksicht auf die dabei dominierenden Laufzeitprobleme im letzten Bande der Folge behandelt werden, der allgemein dem Verhalten der Röhren bei hohen Frequenzen gewidmet ist.

Band 4 „Elektronenröhren als End- und Senderverstärker" behandelt die andere Seite des Verstärkungsproblems, nämlich die optimale Leistungsausbeute bei großen Amplituden. Unter letzterem Gesichtspunkt ergibt sich auch eine gemeinsame Behandlung von End- und Senderverstärker. Der letztere wird abweichend vom Herkömmlichen losgelöst vom sonstigen Senderproblem behandelt. Im Abschnitt über den Endverstärker finden neben den verschiedenen Schaltungsarten selbstverständlich Anpassungsfragen, Verzerrungen und Gegenkopplung eine ausführliche Behandlung. Im Abschnitt über den Senderverstärker wird von einer neuen von den Verfassern entwickelten Darstellungsweise Gebrauch gemacht. Auch hier geht die Betrachtung wie beim Endverstärker von der möglichen Leistungsausbeute im U_a-I_a-Diagramm aus, wodurch sich eine einheitliche und sehr übersichtliche Behandlungsweise im ganzen Buch ergibt. Der Senderverstärker erscheint als abgestimmter Endverstärker. Auch Sendermodulation und Frequenzvervielfachung werden in dieser Weise behandelt.

Die Bände werden mit Rücksicht auf die so stark wachsende Bedeutung der Elektronenröhre in den verschiedensten technischen Anwendungsgebieten eine steigende Bedeutung erlangen, und es ist neben den Verfassern, die sich die außerordentliche Mühe der Durcharbeitung eines so reichhaltigen Stoffes gemacht haben, dem Herausgeber und dem Verlag sehr zu danken, daß sie unter den derzeitigen schwierigen Umständen ein so umfangreiches Werk herausgebracht haben. Karl Steimel

EINGÄNGE

(Ausführliche Besprechung vorbehalten.)

Bücher

Was muß jeder von der Angestelltenversicherung wissen? Von A. Glenz. 5. Aufl. Mit 32 S. im Format A 5. Verlag A. Glenz, Essen-Bredeney 1941. Preis 0,70 RM zuzügl. Porto.

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Oberlng. O. Deißler, Köln-Sülz, Mayenerstr. 4
Prof. Dr. H. Dießelhorst, Gliesmarode bei Braunschweig, An der Wabe 20
Dipl.-Ing. R. Eberhardt, Berlin-Grunewald, Lynarstr. 16
Dipl.-Ing. G. Nüßlein, Berlin-Hohenschönhausen, Hauptstr. 10
Dr.-Ing. H. Rupp, Berlin-Grunewald 1, Winklerstr. 4

Abschluß des Heftes: 23. Mai 1941

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE (z. Z. im Felde)
G. H. Winkler VDE (z. Z. im Felde)
H. Hasse VDE und R. Henrichs VDE

Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.



Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

62. Jahrgang | Berlin, 5. Juni 1941 | Heft 23

Drahtfunk-Meßtechnik

Von E. Eisele VDE, Berlin

DK 621.396.44 : 621.317.3

*Übersicht**). Der hochfrequente Drahtfunk erfordert eine sorgfältige meßtechnische Überwachung. Von der Deutschen Reichspost wurden hierzu in Zusammenarbeit mit der Fernmeldeindustrie geeignete Meßverfahren und Meßgeräte entwickelt. Auf die Überlegungen, die bei der Schaffung eines allen Ansprüchen genügenden Meßwesens anzustellen waren, wird näher eingegangen mit der Absicht, einen Einblick in die technische Entwicklungsarbeit der Deutschen Reichspost zu vermitteln.

1. Aufgabenstellung

Die neuere Entwicklung der Übertragungstechnik steht im Zeichen der trägerfrequenten Ausnutzung der Leitungen. Einmal konnte man auf den ihrem besonderen Verwendungszweck angepaßten Breitbandkabeln unter Benutzung sehr hoher Trägerfrequenzen ($f_{max} = 690$ kHz) eine große Anzahl von Nachrichtenkanälen unterbringen. Zum anderen mußte man jedoch auch vorhandene Leitungen, die keineswegs nach hochfrequenztechnischen Gesichtspunkten gebaut waren, trägerfrequent ausnutzen. Die Forderung, immer mehr Gesprächskanäle auf der gleichen Leitung unterzubringen, führte zwangläufig zum Verwenden höherer Frequenzen. Bei den trägerfrequenten Fernsprechsystemen auf Kabelleitungen ist man zur Zeit bis zu Frequenzen von 60 kHz gekommen; bei den Trägerfrequenzsystemen auf Freileitungen liegt die obere Frequenzgrenze bei etwa 150 kHz.

An der Spitze bezüglich der Höhe der benutzten Frequenzen auf Fernsprechleitungen steht jedoch der in Deutschland eingeführte hochfrequente Drahtfunk, der mit Trägerfrequenzen bis zu 250 kHz auf Kabelleitungen und Freileitungen arbeitet. Die bei der Entwicklung und dem praktischen Einsatz des deutschen Drahtfunksystems gewonnenen wertvollen Erkenntnisse sowie die entwickelten Meßverfahren und Meßgeräte kommen der zukünftigen Entwicklung der gesamten Trägerfrequenztechnik zugute. Unter diesem Gesichtspunkt sollen die nachfolgenden Ausführungen einen Einblick in die vielfältigen Aufgaben und Lösungswege der Trägerfrequenz-Meßtechnik geben, mit der gleichzeitigen Absicht, auch eine Vorstellung von der technischen Entwicklungsarbeit der Deutschen Reichspost zu vermitteln. Neben der rein technischen Aufgabe sind vielfach betriebliche und organisatorische Anforderungen zu beachten; zwischen diesen und den technischen Möglichkeiten muß ein günstiger Ausgleich geschaffen werden.

Für die Einführung des hochfrequenten Drahtfunks war neben anderem auch die Tatsache maßgebend, daß er grundsätzlich eine bessere Wiedergabegüte als der Ätherfunk ermöglicht. Um die technisch mögliche Wiedergabegüte zu erreichen und über längere Zeit zu erhalten, ist sorgfältiges meßtechnisches Überwachen aller Anlagen notwendig. Wenn man bedenkt, daß beim Drahtfunk zum erstenmal Trägerfrequenzen, die schon im Bereiche der Langwellensender liegen, bis in die feinsten Verästelungen des Fernsprechnetzes bis zu tausenden von Teilnehmeranschlüssen geleitet werden, dann kann man ermessen, daß von der ersten Idee eines Drahtfunksystems bis zu dessen praktischer Verwirklichung ein weiter Weg war, bei dem viele Schwierigkeiten überwunden werden mußten. Voraussetzung hierfür war das Schaffen geeigneter Meßgeräte und Meßverfahren. Die Aufgabenstellung beim Schaffen der Drahtfunkmeßgeräte unterschied sich von den gewohnten Forderungen des Meßgerätebaues dadurch, daß die Messungen in vielen Fällen von angelernten Kräften durchzuführen waren.

In Bild 1 ist der grundsätzliche Aufbau des deutschen Drahtfunksystems dargestellt: Von den drei Sendern U, M, O werden die drei modulierten Sendefrequenzen 160 kHz, 210 kHz und 249 kHz auf eine Sammelschiene gegeben. Über Breitbandverstärker werden sie weiterhin gemeinsam verstärkt, über eine Weiche auf die Fernsprechleitungen geleitet und am Ende der Leitungen über Weichen wieder abgenommen und über ein Anschaltglied dem Rundfunkgerät zugeführt. Im Zuge des Netzaufbaues können eine Anzahl Verstärker hintereinandergeschaltet werden. In einem derartig gekennzeichneten Drahtfunksystem ergeben sich im einzelnen folgende Meßaufgaben:

a. Einstellen und Überwachen der vorgeschriebenen Trägerspannungen mittels eines abstimmbaren Hochfrequenz-Spannungsmessers. Wie aus Bild 1 ersichtlich ist, müssen hierbei innerhalb des gesamten Netzes Spannungen zwischen 5 mV und 10 V gemessen werden.

b. Überwachen der Drahtfunksender und Drahtfunkverstärker durch Messen des Modulationsgrades, des Frequenzganges der durch Demodulation gewonnenen Niederfrequenz, des Modulationsklirrfaktors, des nichtlinearen Nebensprechens, der Fremdspannungsdämpfung und der Modulationsdynamik; weiterhin müssen die Darbietungen laufend akustisch überwacht werden.

c. Ermitteln von Dämpfung, Eingangsscheinwiderstand und Wellenwiderstand der Drahtfunkleitungen und Messen des linearen Nebensprechens zwischen benachbarten Leitungen sowie hochfrequenter Störspannungen auf den Leitungen.

d. Sondermessungen, wie Frequenzmessung, Fehlerortsbestimmungen, Störbeseitigung mittels Elektronenstrahloszillograph.

*) Vortrag, gehalten im VDE Bezirk Berlin (Fachgebiet Funk- und Verstärkertechnik) am 11. 2. 1941.



Die Messungen unter a. sind häufig auszuführen; so muß beispielsweise jeder neu angelegte Drahtfunkanschluß „eingemessen" werden, d. h. spannungsregelnde Glieder müssen so eingestellt werden, daß am Eingang des Rundfunkempfängers effektive Spannungen von etwa 20 mV vorhanden sind. Die unter b. angegebenen Messungen werden in bestimmten Zeitabständen durchgeführt. Die Messungen unter c. und d. sind nur in Sonderfällen vorzunehmen.

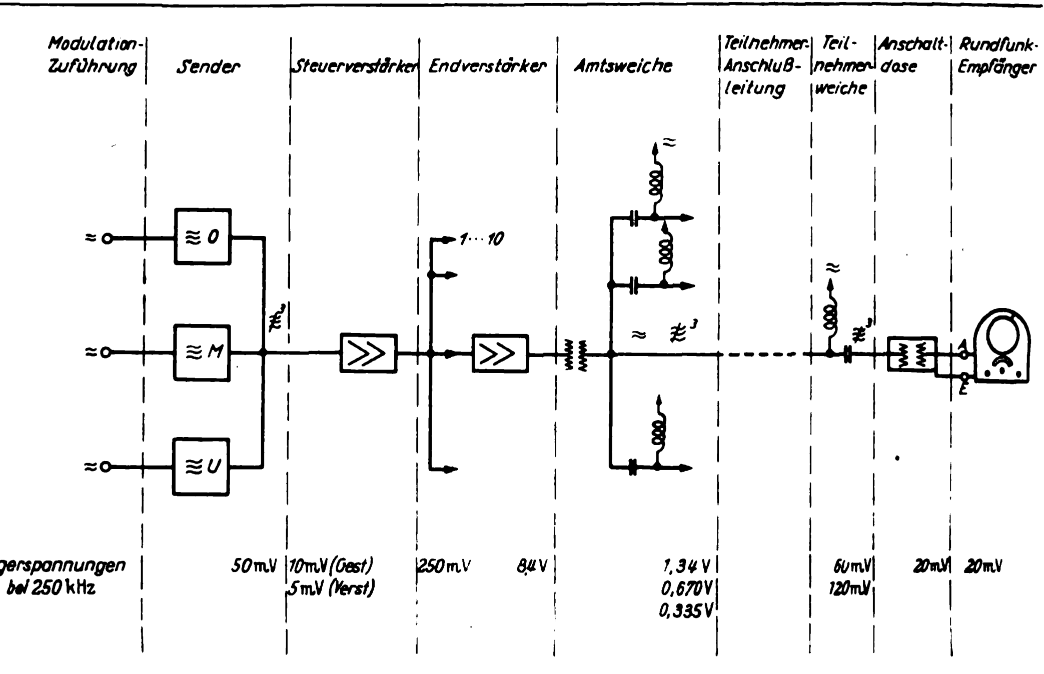


Bild 1. Aufbau des deutschen Drahtfunksystems.

2. Selektives Messen der Drahtfunkträgerspannungen

Der in Bild 1 angegebene technische Aufbau des deutschen Drahtfunksystems verlangt von einem geeigneten Spannungsmeßgerät folgende Eigenschaften:

a. Hochfrequenzspannungen im Frequenzbereich von 150 bis 250 kHz müssen selektiv gemessen werden. Zwei in 30 kHz-Abstand zu beiden Seiten der Meßfrequenz liegende weitere Frequenzen, die um 2,3 Neper größer als die Meßfrequenz sind, dürfen das Meßergebnis höchstens um 2 % fälschen.

b. Spannungen zwischen 5 mV und 10 V müssen gemessen werden. Diese Grenzen sind durch die vorgeschriebene Größe der einzelnen Trägerspannungen am Eingang und Ausgang der benutzten Verstärker gegeben.

c. Der Pegelplan des Drahtfunknetzes ist in Effektivwerten der Trägerspannungen aufgestellt. Die Modulation der Trägerfrequenz darf den angezeigten Spannungswert nicht merkbar beeinflussen, bei 30 % Modulation muß die hierdurch hervorgerufene Fälschung des Meßergebnisses $< 4\,\%$ sein.

d. Das zum Messen der Drahtfunkträgerspannungen benutzte Gerät wird in vielen Fällen an irgendeinem Punkte des Drahtfunknetzes parallel zu vorhandenen Einrichtungen angeschaltet. In diesem Falle ist, damit die vorhandenen Spannungsverhältnisse durch das Anschalten des Meßgerätes nicht beeinflußt werden, ein möglichst hoher Eingangswiderstand erwünscht; er soll mindestens 3000 Ω betragen und möglichst reell sein. Bei anderen Messungen wird das Gerät an das offene Ende einer Leitung geschaltet. Um in diesem Falle Fehlmessungen infolge der auftretenden Reflexionen zu vermeiden, muß der Eingangswiderstand hierbei gleich dem Wellenwiderstand der Leitung sein; für die am häufigsten vorkommenden Kabelleitungen ist also ein reeller Eingangswiderstand von rd. 150 Ω erforderlich. Beim Einmessen von Drahtfunkanschlüssen wird das Rundfunkgerät durch den Drahtfunk-Meßkoffer ersetzt. Der Eingangswiderstand des Meßgerätes soll hierbei dem mittleren Eingangswiderstand der üblichen Rundfunkgeräte entsprechen; als Mittelwert des reellen Eingangswiderstandes wurden in Anlehnung an den Volksempfänger 1000 Ω festgelegt.

e. Beim Anschalten des Meßgerätes dürfen die erdsymmetrischen Drahtfunkanlagen nicht unsymmetrisch gemacht werden; die Eingangsschaltung muß also weitgehend erdsymmetrisch sein.

f. Die Meßunsicherheit darf höchstens ± 10 % des jeweiligen Skalenendwertes betragen. Diese Meßgenauigkeit erscheint bei einem Vergleich mit der gewohnten Genauigkeit von anderen Meßgeräten gering; es zeigt sich jedoch, daß sich bei mäßigem technischen Aufwand kaum eine größere Meßgenauigkeit erreichen läßt.

g. Der Spannungsmesser muß in sich eichbar sein.

h. Die Modulation der Meßspannung soll mittels Kopfhörer abhörbar sein.

i. Die Stromversorgung des Gerätes muß bei Messungen an Leitungen unabhängig vom Vorhandensein eines Starkstromnetzes sein.

j. Da die Drahtfunkmessungen von angelernten Kräften täglich in großer Zahl auszuführen sind und hierbei jeweils größere Entfernungen zurückgelegt werden müssen, muß das Gerät leicht tragbar sein und die Beanspruchungen bei der Beförderung aushalten. Die Bedienung darf keine besonderen Kenntnisse erfordern.

Im folgenden soll erörtert werden, welche technischen Möglichkeiten vorhanden sind, diese vielfältigen Anforderungen zu erfüllen. Als ältestes Gerät zum Bestimmen von Hochfrequenzströmen und -spannungen ist das Hitzdrahtinstrument bekannt. Die Anzeige findet auf thermischer, also quadratischer Grundlage statt; die angezeigten Werte sind Effektivwerte. Die Anzeige ist abhängig von der Modulation. Bei einem innerhalb des Drahtfunkfrequenzbereiches vernachlässigbaren Frequenzfehler läßt sich bei 3000 Ω Eingangswiderstand keine größere Emp-

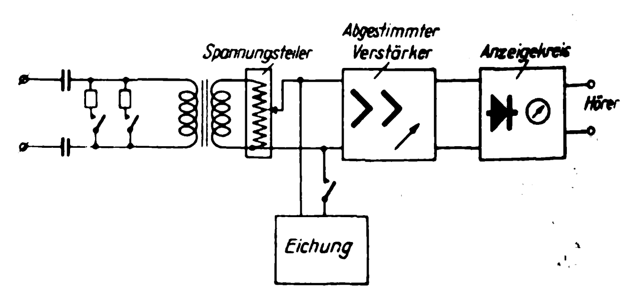


Bild 2. Arbeitsweise des Drahtfunk-Meßkoffers.

Bild 3. Geradeausschaltung des Drahtfunk-Meßkoffers.

findlichkeit als etwa 10 V für den Skalenendwert erreichen. Wegen dieser geringen Empfindlichkeit sind Hitzdrahtinstrumente, abgesehen von ihren sonstigen Nachteilen, für den vorliegenden Zweck nicht geeignet.

Thermoumformer, die ebenfalls eine quadratische Anzeige des Effektivwertes und eine Abhängigkeit der Anzeige von der Modulation besitzen, wurden zu den ersten Drahtfunkmessungen benutzt. Innerhalb des Drahtfunkfrequenzbereiches kann der Frequenzfehler durch den Skineffekt vernachlässigt werden. Bei 3000 Ω Eingangswiderstand können Empfindlichkeiten von etwa 3 V für den Skalenendwert erreicht werden. Wegen ihrer geringen, etwa zweifachen Überlastbarkeit sind Thermoumformer ebenfalls für betriebliche Messungen nicht geeignet.

Gegenüber den auf thermischer Grundlage arbeitenden Geräten haben Gleichrichterinstrumente für Hochfrequenzspannungsmessungen in letzter Zeit an Bedeutung gewonnen. Die kennzeichnenden Eigenschaften dieser Geräte ergeben sich hierbei aus den verschiedenen Gleichrichterkennlinien sowie der Art der Schaltung. Der Trockengleichrichter mit Kupferoxydul oder Selen hat für kleine Aussteuerungen eine angenähert quadratische und für große Aussteuerungen eine fast lineare Kennlinie. Mit kleinen für Meßzwecke entwickelten Gleichrichterzellen ergibt sich innerhalb des Drahtfunkfrequenzbereiches eine frequenzunabhängige Anzeige. Der Eingangsscheinwiderstand ist allerdings entsprechend dem Ersatzschema, das aus der Zusammenschaltung von Widerständen und einer Kapazität besteht, frequenzabhängig. Bei 3000 Ω Eingangswiderstand lassen sich mit einem Gleichstrominstrument für 50 μA Empfindlichkeiten von etwa 1 V für den Skalenwert erzielen. Als nachteilig macht sich die Temperaturabhängigkeit der Anzeige und des Eingangsscheinwiderstandes bemerkbar. Außerdem ist der Eingangswiderstand amplitudenabhängig. Durch geeignete Bemessung der Schaltelemente können die schädlichen Auswirkungen dieser Eigenschaften weitgehend vermindert werden.

Große Verbreitung haben Hochfrequenzspannungsmesser, die mit einer Diode als Gleichrichter arbeiten, gefunden; sie arbeiten bis zu den höchsten Frequenzen fehlerfrei. Bei kleinen Aussteuerungen findet eine quadratische Gleichrichtung statt, während sich bei genügend großen Amplituden ein linearer Skalenverlauf ergibt. Die meisten Diodenspannungsmesser arbeiten als Spitzenspannungszeiger, sind jedoch in Effektivwerten geeicht. Bei sinusförmiger Spannung ist dann $U_{\text{eff}} = U_0/\sqrt{2}$. Bei nichtsinusförmiger Kurvenform ergeben sich Fehler. Bei einem Eingangswiderstand, der stets wesentlich größer als 3000 Ω ist, ergibt sich eine Empfindlichkeit von rd. 1 V für den Skalenendwert. Auch beim Fehlen einer Meßspannung ist ein kleiner Anlaufstrom vorhanden, der jedoch in einfacher Weise durch Zusammenschalten von zwei gleich aufgebauten Diodensystemen kompensiert werden kann.

Bei Benutzen einer Triode in Audionschaltung lassen sich noch größere Empfindlichkeiten als bei der Diode erzielen. Zwischen Gitter und Kathode findet eine Diodengleichrichtung statt, wobei die erzeugte Gittergleichspannung den Anodenstrom in bekannter Weise steuert. Also ergibt sich eine $1/D$-fache Erhöhung der Empfindlichkeit. Nachteilig ist jedoch die Notwendigkeit, den Anodenruhestrom zu kompensieren. Bei der Anodengleichrichtung findet ein Gleichrichten nach der U_g-I_a-Kennlinie statt. Gegenüber der Diodengleichrichtung ergeben sich keine besonderen Vorteile.

Die bisher aufgezählten Anordnungen zur hochfrequenten Spannungsmessung genügen den aufgestellten Anforderungen nicht. Vor allem ist eine größere Empfindlichkeit notwendig. Diese läßt sich durch Vorschalten eines Röhrenverstärkers vor eines der angegebenen Hochfrequenzanzeigegeräte erreichen. Der grundsätzliche Aufbau eines nach diesem Prinzip arbeitenden hochfrequenten Spannungsmessers als Drahtfunk-Meßkoffer ist in Bild 2 dargestellt. Die Meßspannung gelangt über einen Symmetrierübertrager und einen Spannungsteiler für die verschiedenen Meßbereiche auf den Eingang des abstimmbaren Verstärkers. Am Ausgang des Verstärkers ist ein Hochfrequenzanzeigekreis angeschaltet. Um Schwankungen des Verstärkungsgrades auszugleichen, muß eine besondere Eichung des Verstärkers vorgesehen werden. Der Verstärker muß eine etwa 100fache Verstärkung besitzen. Die Trennschärfe soll in 30 kHz-Abstand von der Meßfrequenz beim Meßverfahren mit zwei Sendern und konstanter Ausgangsspannung mindestens 3 Neper betragen. Der selektive Verstärker kann nach der Geradeausschaltung oder nach dem Überlagerungsprinzip arbeiten.

Die Geradeausschaltung (Bild 3) besitzt den Vorteil eines einfachen und übersichtlichen Aufbaues und einer einfachen Pfeifpunkteichung. Nachteilig ist, daß zwei abgestimmte Kreise notwendig sind. Ferner muß eine Frequenzentzerrung vorgesehen werden. Der äußere Aufbau eines anderen, ebenfalls in Geradeausschaltung arbeitenden Gerätes ist aus Bild 4 ersichtlich. Dabei werden Batterieröhren der K-Serie benutzt. Zur Stromversorgung dient ein 2 V-Trockensammler und eine 120 V-Anodenbatterie oder ein auswechselbarer Netzanschlußteil.

Bei der Überlagerungsschaltung (Bild 5) ist nur der Oszillatorkreis abzustimmen, während die Zwischenfrequenzkreise fest eingestellt bleiben. Dadurch läßt sich bei großer Trennschärfe und einfachem Aufbau eine frequenzunabhängige Verstärkung erreichen. Als Nachteil



Bild 4. Vorderansicht eines Drahtfunk-Meßkoffers

Bild 5. Überlagerungsschaltung des Drahtfunk-Meßkoffers.

gegenüber der Geradeausschaltung kann der Aufwand einer besonderen Überlagerungs- und Mischstufe sowie die doppelte Eichung angesehen werden. Weiterhin können sich bei Meßfrequenzen, die gleich der Zwischenfrequenz oder einem Bruchteil davon sind, Fehlmessungen ergeben. Bei dem ebenfalls nach dem Überlagerungsprinzip arbeitenden Drahtfunkmeßkoffer in Bild 6 wird zum Erzeugen der Zwischenfrequenz ein Ringmodulator benutzt. Infolge der Konstanz der Mischschaltung braucht diese in die Eichung nicht mit einbezogen zu werden. Zum Erzeugen der Eichspannung kann die Oszillatorröhre mit herangezogen werden. Die bei der Gleichrichtung der modulierten Hochfrequenz entstehende Tonfrequenz wird in einer Reflexschaltung nochmals verstärkt. Der Ringmodulator in der Mischstufe hat sich bei der praktischen Benutzung des Gerätes durchaus bewährt. Trotzdem die Mischschaltung nicht in die Eichung einbezogen wird, läßt sich auch nach längerer Zeit nach Vornahme der Verstärkereichung stets wieder die vorgeschriebene Meßgenauigkeit erzielen.

Zur Gleichrichtung der verstärkten Hochfrequenz werden bei einem Teil der Ausführungen Trockengleichrichter und bei einem anderen Teil Dioden benutzt. Die Trockengleichrichter scheinen nach den bisherigen Erfahrungen eine genügende Konstanz ihrer Eigenschaften auch über längere Zeit zu besitzen. Bei Dioden ist die Anzeigekonstanz etwas von der Heizspannung abhängig. Da der Anzeigekreis zum Herstellen der Eichspannung benutzt wird, geht seine Anzeigeungenauigkeit auch bei Vornahme der Eichung in vollem Maße in die Meßunsicherheit des Gesamtgerätes ein.

Bisher konnten Drahtfunkmeßkoffer in großer Zahl im praktischen Betriebe erprobt werden, wobei wertvolle Erfahrungen gesammelt wurden. Aufgabe der zukünftigen Entwicklungsarbeit wird es sein, die vorliegenden Erfahrungen mit dem Ziele zu verwerten, einen einfachen selektiven Hochfrequenzspannungsmesser zu schaffen, der sich in seiner Handhabung von den bekannten Spannungsmessern der Niederfrequenztechnik, die mit Trockengleichrichtern arbeiten, nicht wesentlich unterscheidet. Da in der gesamten Trägerfrequenztechnik ein starkes Bedürfnis nach einem derartigen Gerät vorhanden ist, könnte es für diesen wichtigen Zweig der Nachrichtentechnik wertvolle Dienste leisten.

3. Überwachen der Wiedergabegüte

Die für die Überwachung des Drahtfunks wichtigen Meßgrößen und ihre Bedeutung für die Wiedergabegüte werden im folgenden erläutert. Der **Modulationsgrad** der Drahtfunksender, die mit gewöhnlicher Amplitudenmodulation arbeiten, ergibt sich als Verhältnis der niederfrequenten Schwankungen der Hochfrequenzamplitude um den Ruhewert im nichtmodulierten Zustande. Der Modulationsgrad ist

$$m = \frac{NF}{HF}\,100\,\% .$$

Für die modulierte Hochfrequenzspannung wird dann

$$u = U_0\,(1 + m \sin \omega_n\, t) \sin \omega_h\, t .$$

Aus der dynamischen Modulationskennlinie der Drahtfunksender geht hervor, daß bis zu 80 % Modulation die Modulationsverzerrungen langsam ansteigen, während bei noch größerem Modulationsgrad die Verzerrungen schnell große Werte annehmen. Bei $m = 0{,}8$ ist der Modulationsklirrfaktor $\lesseqgtr 1{,}5\,\%$, während er bei $m = 0{,}9$ schon 2,5 % beträgt. Bei zu großem Modulationsgrad erhält man also starke nichtlineare Verzerrungen der den Lautsprecher aussteuernden Niederfrequenz. Bei zu kleinem Modulationsgrad ist die Wiedergabelautstärke trotz Vorhandenseins der vorgeschriebenen Trägerspannungen zu gering.

Für den **Frequenzgang** der durch Demodulation gewonnenen Niederfrequenz sind innerhalb des Frequenzbereiches von 30 bis 10 000 Hz Schwankungen von $\pm 0{,}2$ Neper zulässig. Hierzu muß bei konstanter Eingangsspannung der Modulationsgrad innerhalb des Modulationsfrequenzbereiches von 30 Hz bis 100 000 Hz gemessen werden.

Als **Modulationsdynamik** D bezeichnet man das Verhältnis vom kleinsten zum größten Modulationsgrad innerhalb einer Übertragung; es ist $D = \frac{m_{\min}}{m_{\max}}$. Die über das niederfrequente Rundfunkleitungsnetz zugeführten Modulationsspannungen besitzen eine Dynamik von 1 : 100, die sich folgendermaßen ergibt: Nach den Empfehlungen des CCIF soll die effektive Geräuschspannung auf den Rundfunkübertragungsleitungen 4 mV sein. Die kleinste effektive Nutzspannung soll $\gtreqless$ 40 mV sein. Die größte effektive Nutzspannung darf 4 V betragen. Die Geräuschspannungsdämpfung ist damit $\gtreqless$ 7 Neper. Die Drahtfunksender sind so bemessen, daß ebenfalls eine Modulationsdynamik von 1 : 100 verzerrungsfrei übertragen werden kann.

Die laufende **gehörmäßige Überwachung** der Drahtfunkdarbietungen dient dazu, plötzlich auftretende grobe Störungen des Drahtfunkdienstes, die sich entweder durch ein vollständiges Unterbrechen der Übertragung oder durch eine starke Minderung der Wiedergabegüte äußern, festzustellen. Ein Maß für die nichtlinearen Verzerrungen der durch Demodulation gewonnenen Niederfrequenz ist der **Klirrfaktor**. Nichtlineare Verzerrungen der Modulationshüllkurve können durch nicht einwandfreies Arbeiten der Modulationseinrichtungen entstehen. Als Modulationsklirrfaktor bezeichnet man den Ausdruck

$$K = \frac{\sqrt{m_2^2 + m_3^2 \cdots}}{m_1} ,$$



Bild 6. Drahtfunk-Meßkoffer mit Ringmodulator.

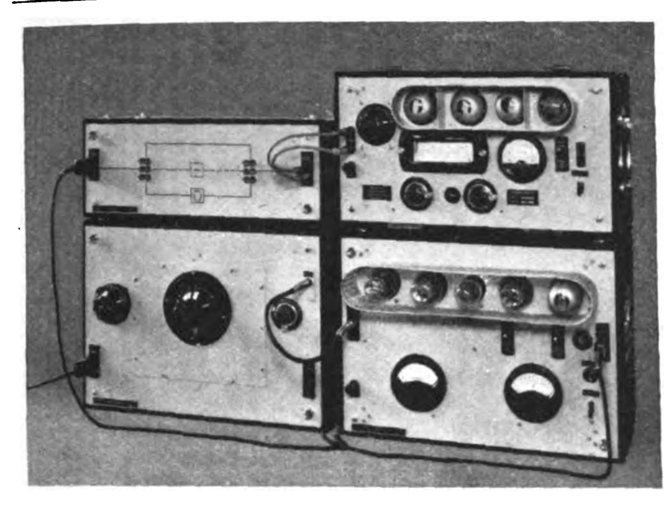


Bild 7. Drahtfunk-Meßsatz.

wenn m_1, m_2, m_3 die Modulationsgrade der Grundwelle und der Oberwellen sind. Nichtlineare Verzerrungen infolge Übersteuerns der Verstärker oder Dämpfungsverzerrungen zwischen Trägerfrequenz und Seitenbändern besitzen beim Drahtfunksystem geringe Bedeutung.

Die Fremd- und Geräuschspannungsdämpfung der durch Demodulation gewonnenen Niederfrequenz sind ebenfalls ein wichtiges Maß für eine störungsfreie Übertragung. Da die meisten Drahtfunkeinrichtungen netzgespeist sind, besteht die Fremdspannung meistens aus einem Brummspannungsanteil, der aus den Netzanschlußteilen kommt. Als Maß für diese Größe dient die Fremdspannungsdämpfung

$$b_F = \ln \frac{U_N}{U_F} \text{ [Neper]},$$

U_N niederfrequente Nutzspannung, durch Demodulation gewonnen bei $m = 0{,}8$ und $f_n = 800$ Hz,
U_F niederfrequente Fremdspannung, durch Demodulation gewonnen.

Von einer gehörrichtig bewerteten Messung der Fremdspannung als Geräuschspannung kann abgesehen werden.

Bei der gemeinsamen Verstärkung der drei Drahtfunkfrequenzen in Breitbandverstärkern tritt infolge von Kombinationstönen dritter Ordnung eine als nichtlineares Nebensprechen bezeichnete gegenseitige Störmodulation (Kreuzmodulation) der einzelnen Frequenzkanäle auf. Die Modulation des einen Trägers wird hierbei frequenzgetreu, allerdings mit einem starken Modulationsklirrfaktor behaftet auf den anderen Träger übertragen. Diese Störmodulation kann, wenn sie nicht wesentlich kleiner als die Nutzmodulation ist, die Wiedergabegüte stark beeinflussen. Die Größe der Störmodulation hängt von der Aussteuerung der Verstärker ab. Nach Strecker ist

$$m_{St} = 3 \frac{C_3}{C_1} m \left(U_1^2 + U_2^2\right),$$

dabei ist

C_1, C_3 Konstanten der Röhrenkennlinien,
m Modulationsgrad der störenden Träger,
U_1, U_2 Scheitelwerte der störenden Trägerspannungen.

Die Breitbandverstärker müssen so bemessen werden, daß bei den vorgeschriebenen Ausgangsspannungen die Dämpfung des nichtlinearen Nebensprechens 7 Neper beträgt. Als Dämpfung des nichtlinearen Nebensprechens bezeichnet man

$$b_N = \ln \frac{U_N}{U_{St}} \text{ [Neper]},$$

hierbei ist

U_N niederfrequente Nutzspannung, durch Demodulation gewonnen bei $m = 0{,}8$ und $f_n = 800$ Hz,
U_{St} niederfrequente Störspannung infolge nichtlinearen Nebensprechens.

Innerhalb des Drahtfunknetzes können, wenn mehrere Breitbandverstärker hintereinander geschaltet sind, kleinere Dämpfungen des nichtlinearen Nebensprechens als 7 Neper auftreten, da sich die Störmodulationen, herrührend von den Nichtlinearitäten der einzelnen Verstärker, unter Berücksichtigung ihrer Phasenlage addieren.

Zum Überwachen der aufgeführten Meßgrößen dient der tragbare Drahtfunk-Meßsatz (Bild 7). Im einzelnen besteht er aus einem Drahtfunk-Meßfilter, Drahtfunk-Meßgleichrichter, Niederfrequenzfilter und Röhrenvoltmeter.

Das Drahtfunk-Meßfilter wird zum Heraussieben des zu messenden Trägers und seiner Modulationsseitenbänder aus dem Gemisch der auf dem Drahtfunksystem vorhandenen drei Trägerfrequenzen benutzt. Es ist als Differentialfilter aufgebaut, wobei 25 verschiedene Frequenzbereiche eingeschaltet werden können. Die Mittenfrequenzen der einzelnen Stufen folgen im Abstand von 5 kHz; dadurch wird der gesamte Drahtfunkfrequenzbereich lückenlos überstrichen. Die Durchlaßbandbreite beträgt 25 kHz, die Durchlaßdämpfung ist 0,1 Neper. In 30 kHz Abstand von der Mittenfrequenz ist die Sperrdämpfung, gemessen mit 2 Sendern und Gleichrichter, bereits größer als 8 Neper.

Zur Demodulation der Hochfrequenz dient der Drahtfunk-Meßgleichrichter (Bild 8). Die modulierte Hochfrequenzspannung, die bis zu 20 mV heruntergehen kann, wird in einem aperiodischen Verstärker entsprechend verstärkt und dann einem linearen Diodengleichrichter zugeführt. Der bei der Gleichrichtung entstehende Richtgleichstrom ist ein Maß für die Größe der Trägerspannung; die ebenfalls entstehenden Niederfrequenzspannungen werden nochmals verstärkt und ihre Größe wird mittels eines Diodenspannungsmessers gemessen. Bei einer bestimmten Trägerspannung kann der Modulationsgrad auf einer in % geeichten Skala des Diodenspannungsmessers unmittelbar abgelesen werden. Bei unsymmetrischer Modulation kann die Modulationstiefe der oberen und unteren Halbwelle bestimmt werden. Die durch Demodulation gewonnene Niederfrequenz kann an einem besonderen niederfrequenten Ausgang des Meßgleichrichters abgenommen werden. Bei 80 % Modulation und einer Empfangsspannung ≤ 20 mV steht eine niederfrequente effektive Ausgangsspannung von 4 V an 600 Ω zur Verfügung. Der Eigenklirrfaktor des Meßgleichrichters ist $\lessapprox 0{,}5$ %; die Brummspannung ist $\lessapprox 1$ mV. Modulationsgrad und Frequenzgang der Modulation können auf einer Skala unmittelbar abgelesen werden. Die Trägerspannung wird hierbei an einem zweiten Instrument auf einen be-

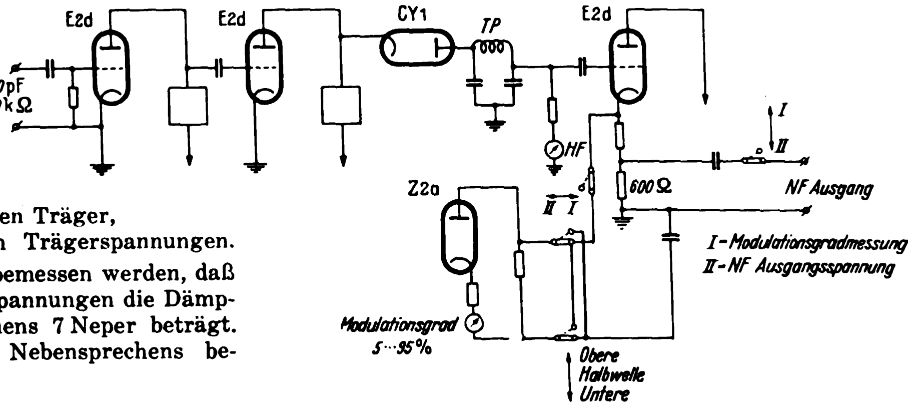


Bild 8. Drahtfunk-Meßgleichrichter.

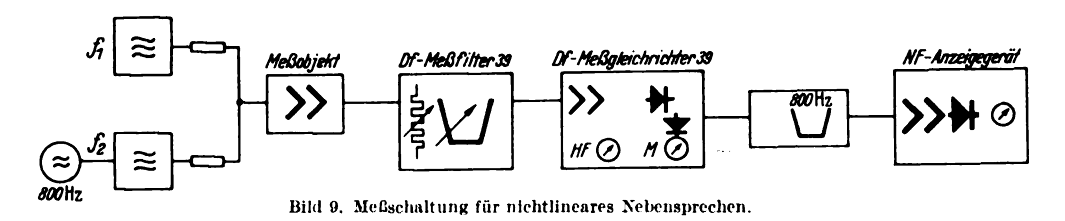


Bild 9. Meßschaltung für nichtlineares Nebensprechen.

stimmten Wert eingestellt. Da am niederfrequenten Ausgang des Drahtfunk-Meßgleichrichters die gleichen Spannungen wie im Rundfunkleitungsnetz vorhanden sind, können an der durch Demodulation gewonnenen Niederfrequenz alle im Rundfunkleitungsnetz üblichen Messungen durchgeführt werden. Also kann mittels einer geeigneten Klirrfaktormeßbrücke der Klirrfaktor der Niederfrequenz bestimmt werden. Mit Höchst- und Mindestwertzeiger kann die Dynamik überwacht werden. Mittels eines nachgeschalteten Röhrenvoltmeters als Spannungsmesser kann die Fremdspannungsdämpfung bestimmt werden. Zum Messen des nichtlinearen Nebensprechens wird eine Meßschaltung gemäß Bild 9 benutzt. Das Messen des nichtlinearen Nebensprechens läuft darauf hinaus, einen Störmodulationsgrad von 0,8 ‰ zu messen. Da die zu messenden Spannungen schon bedenklich nahe an die Grenze der Röhrenrauschspannungen kommen, erfordert diese Messung eine besonders sorgfältige Durchführung. Zwischen den Ausgang des Meßgleichrichters und das Niederfrequenzanzeigegerät wird ein 800 Hz-Bandpaß geschaltet, der lediglich die Modulationsfrequenz von 800 Hz durchläßt. Beim Messen wird das Meßfilter zunächst auf den mit 800 Hz zu 80 % modulierten Sender abgestimmt. Hierbei wird am Ausgang des Drahtfunk-Meßgleichrichters unter Zwischenschalten des 800 Hz-Bandpasses eine Niederfrequenzspannung von 4 V gemessen. Anschließend wird das Filter auf den nichtmodulierten Sender abgestimmt. Infolge der nichtlinearen Störmodulation tritt am Ausgang des Meßgleichrichters eine kleine Störspannung (800 Hz) auf, die ebenfalls gemessen wird. Die Dämpfung des nichtlinearen Nebensprechens ergibt sich dann zu

$$b_N = \ln \frac{U_N}{U_{St}} \text{ [Neper]}.$$

Mit dem niederfrequenten Anzeigegerät können kleine Spannungen von 1,5 mV noch gemessen werden. Dann können mit dem Meßsatz Nebensprechdämpfungen von

$$b_N = \ln \frac{4000}{1,5} \approx 7,9 \text{ [Neper]}$$

gemessen werden. Für die Fremdspannungsdämpfung ergibt sich die gleiche Meßempfindlichkeit. Die Nebensprechdämpfung des Platzes selbst, die durch das Hochfrequenz- und das Niederfrequenzfilter bestimmt wird, ist größer als die angegebenen Grenzen des Meßbereiches; sie beträgt etwa 8,5 Neper. Beim Messen einer Nebensprechdämpfung von 7 Neper, dem vorgeschriebenen Wert für Drahtfunkverstärker, beträgt der Meßfehler infolge der endlichen Nebensprechdämpfung der Meßeinrichtung 0,27 Neper; das sind etwa 4 %.

Neben dem tragbaren Drahtfunk-Meßsatz, der an allen Punkten des Drahtfunknetzes, an denen mindestens 20 mV Trägerspannung vorhanden sind, benutzt werden kann, ist zum Durchführen von Drahtfunk-Messungen auf dem Sendeamt das Drahtfunk-Meßgestell (Bild 10) vorhanden, mit dem in Verbindung mit den Meßgeräten des Rundfunkprüf- und Sicherungsgestelles die gleichen Messungen durchgeführt werden können. Dieses Meßgestell ist bestückt mit einem Drahtfunk-Meßfilter, Drahtfunk-Meßgleichrichter und Niederfrequenzfilter. Es steht zusammen mit dem Rundfunkprüf- und Sicherungsgestell unmittelbar neben dem Drahtfunksendergestell. Der Ausgang des Meßgleichrichters kann mittels einer fest verlegten Meßleitung mit dem Rundfunkprüf- und Sicherungsgestell verbunden werden. Der Pegelzeiger und der Höchstwertzeiger des Rundfunkprüf- und Sicherungsgestelles können an den Ausgang des Meßgleichrichters angeschaltet werden. Zur gehörmäßigen Überwachung kann ein Leistungsverstärker mit Überwachungslautsprecher angeschaltet werden. Da der Pegelzeiger als niederfrequentes Anzeigegerät eine größte Empfindlichkeit von — 4 Neper hat, können zunächst nur Dämpfungen des nichtlinearen Nebensprechens von — 4 bis + 1,6 = 5,6 Neper gemessen werden. Zum Erhöhen des Meßbereiches wird beim Messen des nichtlinearen Nebensprechens (800 Hz) die Empfindlichkeit des Pegelzeigers durch einen Übertrager um 1,4 Neper gehoben. Dann können Dämpfungen des nichtlinearen Nebensprechens bis 7 Neper gemessen werden. Beim Messen der Fremdspannungsdämpfung ist die Erhöhung der Meßempfindlichkeit des Pegelzeigers durch Vorschalten eines Übertragers nicht möglich, da der Pegelzeiger nur bei 800 Hz einen genügend großen Eingangswiderstand besitzt, der auch nach seiner Herabsetzung durch den Übertrager noch genügend groß gegenüber 600 Ω ist.

Der Eingang des Meßfilters kann über eine feste Meßleitung an den gemeinsamen Ausgang der drei Sender oder über eine Verstärkermeßleitung an je einen Hauptübertrager der im Sendeamt vorhandenen Breitbandver-

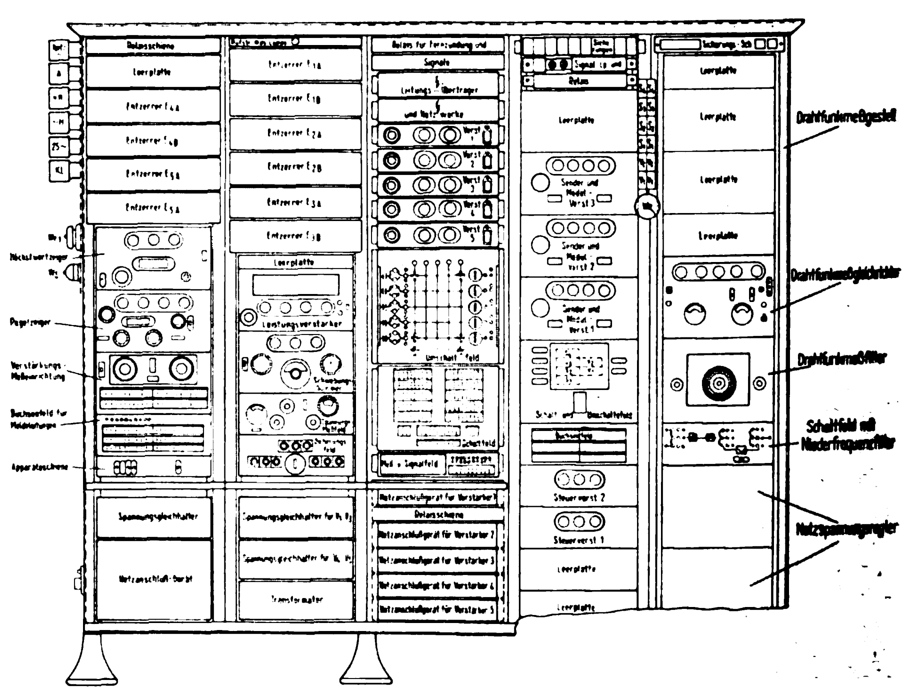


Bild 10. Drahtfunksendeamt mit Drahtfunk-Meßgestell.

stärker geschaltet werden. Außerdem stellt natürlich die Zusammenschaltung Rundfunkprüf- und Sicherungsgestell, Drahtfunksendergestell und Drahtfunk-Meßgestell einen Meßplatz zum Durchführen der angegebenen Messungen an ausgebauten Drahtfunkverstärkern, Übertragern und anderen Bauteilen dar.

4. Messungen an Leitungen

Der Leitungsfrage kommt in der gesamten Trägerfrequenztechnik große Bedeutung zu. Hier sei bemerkt, daß besonders in der Drahtfunktechnik, die mit Leitungen arbeitet, die aus einzelnen Strecken mit verschiedenen Wellenwiderständen zusammengeschaltet sind, sich von vornherein nicht übersehbare Eigenschaften der einzelnen Leitungen ergeben können.

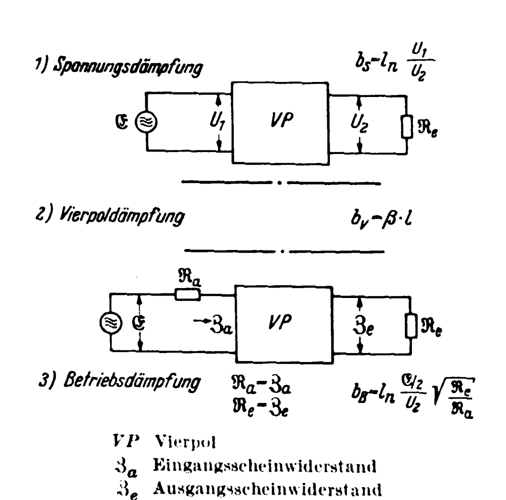


Bild 11. Grundlagen der Dämpfungsmessungen.

Für die Messung der Leitungsdämpfung sind die in Bild 11 angegebenen einzelnen Dämpfungsarten zu berücksichtigen. Bei langen Leitungen wird die Dämpfung durch Messen der Eingangs- und Ausgangsspannungen mittels des Drahtfunk-Meßkoffers bestimmt. Bei kleinen Leitungslängen ($b < 2$ Neper) kann die Dämpfung aus den bei Leerlauf und Kurzschluß gemessenen Eingangsscheinwiderständen berechnet werden.

$$\mathfrak{Tg}\,2\,b = \frac{2\,m\cos\varphi}{1+m^2}\,; \quad m = \sqrt{\left|\frac{R_K}{R_L}\right|}, \quad \varphi = \frac{\varphi_K - \varphi_L}{2}.$$

Die Eingangsscheinwiderstände von Leitungen können nach Betrag und Phase mit der Differential-Scheinwiderstandsmeßbrücke gemessen werden. Bei betriebsmäßigen Messungen, beispielsweise beim Aufbau von Sammelschaltungen, müssen die Scheinwiderstände der einzelnen Stichleitungen gemessen werden. Hierbei genügt eine weniger große Meßgenauigkeit; hierzu wird in Verbindung mit dem Drahtfunkmeßkoffer ein Scheinwiderstandsmesser nach Bild 12 benutzt. Mittels des angeschalteten Drahtfunkmeßkoffers wird die Spannung U_x gemessen; das parallel zu R_N liegende Potentiometer wird so eingestellt, daß der Meßausschlag am Spannungsmesser ebenso groß ist wie bei U_x. Da $R_x = \frac{U_x}{U_N} R_N$ ist, kann das hochohmige Potentiometer unmittelbar in Ω geeicht werden. Da jedesmal auf gleichen Ausschlag eingestellt wird, ist ein Eichen des Anzeigegerätes nicht notwendig. Das auf geführte Gerät besitzt einen Meßbereich bis 200 Ω und einen zweiten Meßbereich bis 2000 Ω. Zum Bestimmen der Phasenwinkel wird in Reihe mit dem unbekannten Scheinwiderstand eine Kapazität geschaltet. Der Phasenwinkel kann dann zeichnerisch aus dem gemessenen Widerstandsdreieck bestimmt werden.

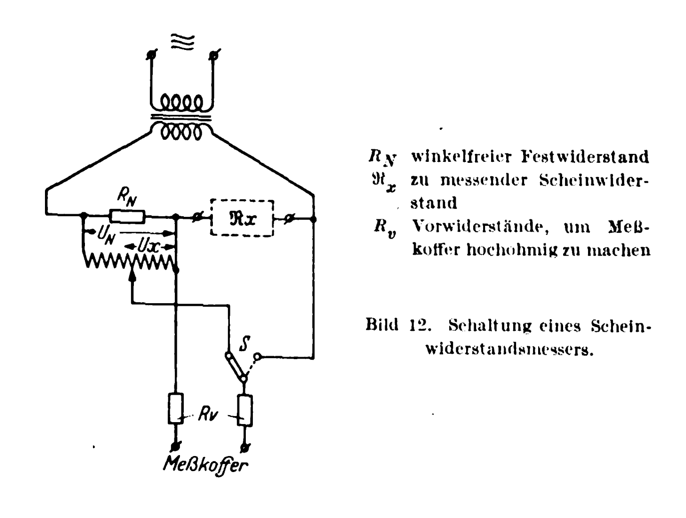


Bild 12. Schaltung eines Scheinwiderstandsmessers.

5. Sondermessungen

Zum Durchführen besonderer Messungen und zur Störbeseitigung ist für den Bereich eines jeden Fernleitungssachbearbeiters ein Drahtfunk-Meßwagen vorgesehen. Dieser Meßwagen enthält einen hochfrequenten Sendesatz, bestehend aus drei innerhalb des Frequenzbereichs von 150 bis 300 kHz einstellbaren Drahtfunksendern und einem tragbaren Steuer- und Endverstärker. Außerdem ist ein niederfrequenter Sendesatz vorhanden, der im einzelnen aus einem Schwebungssummer mit nachgeschaltetem Leistungsverstärker, einem Spannungsmeßfeld sowie einem stufenweise einstellbaren Niederfrequenzfilter besteht. Als Empfangsteil ist ein Drahtfunk-Meßsatz vorgesehen. Außerdem stehen eine Reihe von Sondergeräten, wie Meßkoffer, Frequenzmesser u. a. zur Verfügung. Für die Störbeseitigung ist ein Elektronenstrahloszillograph mit einem Frequenzbereich von 30 Hz bis 2 MHz und einem Spannungsmeßbereich von 50 mV bis 400 V für volle Schirmaussteuerung besonders wertvoll. Für die meßtechnische Benutzung des Oszillographen sind besondere Meßscheiben vorgesehen. Über Einzelheiten seines Aufbaues und seiner Benutzung wird an anderer Stelle berichtet.

Sämtliche Meßgeräte des Drahtfunk-Meßwagens sind für Netzanschluß eingerichtet. Über bewegliche Kabelleitungen kann die Netzspannung herangeführt werden. Wenn kein Wechselstromnetz zur Verfügung steht, kann mittels eines Benzinumformers die erforderliche Spannung erzeugt werden.

Zusammenfassung

Als Beispiel für die Trägerfrequenzmeßtechnik werden Meßkoffer und Meßgeräte des hochfrequenten Drahtfunks für Messungen der Trägerspannungen, des Modulationsgrades, des Frequenzganges der Modulation, der Modulationsdynamik, des Modulationsklirrfaktors, des nichtlinearen Nebensprechens und der Fremdspannung beschrieben; an Leitungen werden Dämpfung, Scheinwiderstand und Wellenwiderstand gemessen. Die Meßgerätebestückung eines Meßwagens zum Durchführen von Sondermessungen wird angegeben.

Durchhang und Spannung von Freileitungen bei verschieden hohen Aufhängepunkten

DK 621.315.17.001.24

Bei der Führung von Freileitungen in gebirgigem Gelände gelangt man oftmals zu sehr großen Spannweiten bei gleichzeitig mehr oder minder großen Höhendifferenzen der Aufhängepunkte. In solchen Fällen geben die sonst anwendbaren Hilfstafeln oder Näherungsformeln vielfach nicht die gewünschte Genauigkeit, und man muß dann die Berechnung selbständig für den betreffenden Sonderfall durchführen, wobei zur Gewinnung möglichst genauer Ergebnisse die wirkliche Seilkurve, also die Kettenlinie, der Berechnung zugrunde zu legen ist. Dies ist weniger schwierig und zeitraubend, wenn dabei einige Hilfssätze und Umformungen benutzt werden, wie dies nachfolgend an einigen durchgerechneten Beispielen der Praxis gezeigt werden soll.

Mathematische Grundlagen

Für die Kettenlinie gilt die Gleichung

$$y = \frac{a}{2}\left(e^{\frac{x}{a}} + e^{-\frac{x}{a}}\right) = a\,\mathfrak{Cof}\,\frac{x}{a}\,, \qquad (1)$$

wenn angenommen ist, daß die y-Achse senkrecht durch den Scheitelpunkt C geht und die x-Achse unterhalb C im Abstand a liegt (Bild 1). Es seien A und B die beiden Aufhängepunkte des Seiles. Dann ergibt sich für die Größe des senkrechten Seildurchhanges für irgendeinen Punkt P der Kurve zwischen A und B die Beziehung

$$LP = LM - PM.$$

Setzen wir $AM = \xi$, so kann LP als Funktion von ξ betrachtet werden, und man erhält

$$f(\xi) = \frac{h}{l}\,\xi - (PN - MN) = \frac{h}{l}\,\xi - a\,\mathfrak{Cof}\,\frac{m+\xi}{a} + y_A\,. \qquad (2)$$

$f(\xi)$ wird ein Maximum für $\frac{\mathrm{d}f(\xi)}{\mathrm{d}\xi} = 0$, somit

$$f'(\xi) = \frac{h}{l} - \mathfrak{Sin}\,\frac{m+\xi}{a} = 0,$$

$$\mathfrak{Sin}\,\frac{m+\xi}{a} = \frac{h}{l} = \operatorname{tg}\alpha. \qquad (3)$$

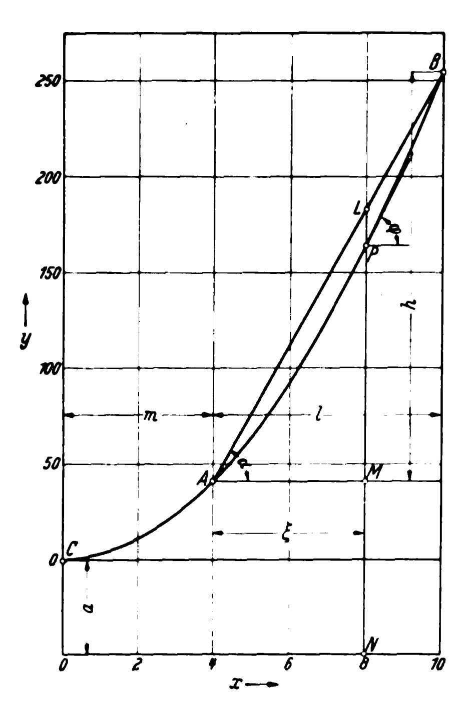


Bild 1. Kettenlinie mit Koordinatenanfangspunkt unterhalb des Scheitels.

Da anderseits $m + \xi = x$, also

$$\mathfrak{Sin}\,\frac{m+\xi}{a} = \mathfrak{Sin}\,\frac{x}{a} = \frac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}x} = \operatorname{tg}\varphi$$

ist, so gilt für das Maximum von $f(\xi)$ die Beziehung

$$\varphi = \alpha,$$

d.h. der maximale Durchhang liegt in dem Kurvenpunkt, für den die Tangente an die Kurve parallel der Sehne AB ist. Aus Gl. (3) kann jetzt auch die Abszisse ξ ermittelt werden, die der Punkt des maximalen Durchhanges besitzt. Führt man diese Rechnung aus[1]), so findet man, daß der maximale Durchhang fast genau in der senkrechten Mittellinie zwischen A und B liegt, also bei

$$\xi = \frac{l}{2}\,. \qquad (4)$$

Diese fast genaue Übereinstimmung der beiden ξ-Werte aus den Gl. (3) und (4) ist auch für den Fall noch vorhanden, wo die beiden Aufhängepunkte A und B sich auf verschiedenen Seiten der y-Achse wie in Bild 2 befinden. In diesem Falle ist für m der entsprechende negative Zahlenwert einzusetzen.

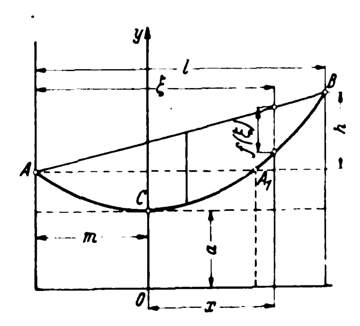


Bild 2. Kettenlinie mit Aufhängepunkten auf verschiedenen Seiten der y-Achse.

Ein Beispiel diene zur Veranschaulichung der Zusammenhänge. Es sei gegeben:

$a = 2000$ m und für die Aufhängepunkte A und B

$$x_A = -300 \text{ m}, \qquad x_B = +500 \text{ m},$$

somit $\quad l = 800$ m, $\qquad m = -300$ m.

Es ergibt sich dann

$$y_A = y_{A_1} = 2000\,\mathfrak{Cof}\,\frac{300}{2000} = 2022{,}50 \text{ m},$$

$$y_B = 2000\,\mathfrak{Cof}\,\frac{500}{2000} = 2062{,}83 \text{ m},$$

somit $\qquad h = y_B - y_A = 40{,}33$ m.

Nach Gl. (3) folgt

$$\mathfrak{Sin}\,\frac{\xi - 300}{2000} = \frac{40{,}33}{800} = 0{,}0504,$$

$$\frac{\xi - 300}{2000} = 0{,}0504,$$

woraus $\qquad \xi = 400{,}8$ m,

während als Mittelwert aus Gl. (4) $\xi = 400$ m folgt. Also auch in diesem Falle ergibt sich zwischen den zwei ξ-Werten eine vernachlässigbar kleine Differenz, die für die Durchhangswerte belanglos ist; denn es folgt aus Gl. (2) für $\xi = 400{,}8$ der Durchhang

$$f(\xi) = \frac{40{,}33}{800}\cdot 400{,}8 - 2000\,\mathfrak{Cof}\,\frac{400{,}8 - 300}{2000} + 2022{,}50 = 40{,}17 \text{ m}$$

und für $\xi = 400$

$$f(\xi) = \frac{2022{,}50 + 2062{,}83}{2} - 2002{,}50 = 40{,}17 \text{ m}.$$

---

1) S. a. Niethammer, ETZ 60 (1939) S. 1419.

Wir können mit praktisch ausreichender Genauigkeit allgemein mit der Annahme rechnen, daß der maximale senkrechte Durchhang sich in der Mittellinie der Spannweite befindet.

Bei den bisherigen Betrachtungen war die Ordinate a im Scheitel der Kettenlinie als gegeben angenommen. Dies trifft nun bei den hier zu behandelnden Fragen der Freileitungen nicht mehr zu, und ebensowenig ist dann auch die Lage des Koordinatensystems unmittelbar gegeben. Dagegen ist in der Regel die maximale Spannkraft S gegeben, die im oberen Aufhängepunkt der Leitung vorhanden sein soll. Zerlegen wir diese Spannkraft S in ihre Horizontalkomponente H und die Vertikalkomponente V, so stellt H auch den Spannungswert im Scheitelpunkt der Kettenlinie dar, während V gleich dem Seilgewicht für den Seilbogen s vom Scheitel bis zum oberen Aufhängepunkt ist. Es gelten dann, wenn das Seilgewicht je Längeneinheit mit q bezeichnet wird, folgende Beziehungen:

$$H = q\,a, \tag{5}$$

$$S = H\,\mathfrak{Cof}\,\frac{x}{a} = q\,y, \tag{6}$$

$$s = a\,\mathfrak{Sin}\,\frac{x}{a}\,. \tag{7}$$

Je nach der Größe der Spannkraft S und dem Horizontal- und Vertikalabstand der beiden Aufhängepunkte voneinander bestehen für die Lage des Scheitelpunktes der entstehenden Kettenlinie drei Möglichkeiten a, b, c (Bild 3

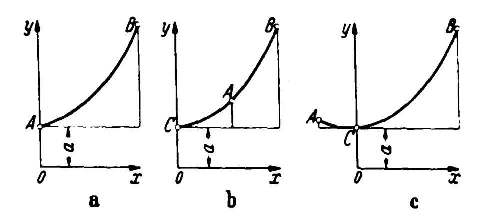


Bild 3. Die drei Möglichkeiten für die gegenseitige Lage von Scheitel und Aufhängepunkten.

a, b, c); es ist bei Bild 3 a der untere Aufhängepunkt A zugleich Scheitel der Kettenlinie, bei Bild 3 b liegen die beiden Aufhängepunkte auf derselben Seite der y-Achse, bei Bild 3 c liegen die beiden Aufhängepunkte auf verschiedenen Seiten der y-Achse.

Für Fall a als Sonderfall folgt aus

$$y = a\,\mathfrak{Cof}\,\frac{x}{a}\,,$$

$$\frac{dy}{dx} = \mathfrak{Sin}\,\frac{x}{a}\,, \quad \text{woraus für } x = \frac{l}{2}\,.$$

$$\frac{dy}{dx} = \mathfrak{Sin}\,\frac{l}{2a} = \operatorname{tg}\alpha = \frac{h}{l}\ \text{(Bild 4)}. \tag{8}$$

Durch diese Gleichung ist a als Höhe des Anfangspunktes bestimmt. Es ist dann weiter die

Seilspannungskraft in A: $H_0 = a\,q$,

Seilspannungskraft in B: $S_0 = H\,\mathfrak{Cof}\,\dfrac{l}{a}$

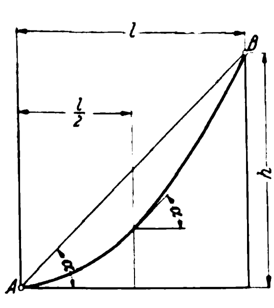


Bild 4. Sonderfall der Anordnung.

bekannt. Bei den in der Praxis vorliegenden Fällen wird der tatsächlich verlangte Spannungswert S in B in der Regel entweder größer oder kleiner als S_0 sein. Ist alsdann

$S > S_0$, so liegt Fall b vor,

$S < S_0$, so liegt Fall c vor.

Wie nun die Berechnung der beiden letztgenannten Fälle vorteilhaft durchgeführt werden kann, soll an zwei Beispielen aus der Praxis gezeigt werden.

Beispiel 1

Zwischen den Punkten A und B (Bild 1) ist eine Hohlseilleitung von 400 mm² Kupferquerschnitt gespannt. Für den Horizontal- und Vertikalabstand der beiden Aufhängepunkte ist gegeben:

$$l = 220\ \text{m},$$

$$h = 40\ \text{m}.$$

Die Spannung in B soll 16 kg/mm² betragen, so daß

$$S = 6400\ \text{kg}.$$

Das Seilgewicht je m Länge beträgt $q = 4$ kg/m.

Wir untersuchen zunächst, welcher der drei Fälle von Bild 3 hier vorliegt. Würde Fall a vorliegen, so würde nach Gl. (8) folgen

$$\mathfrak{Sin}\,\frac{110}{a} = \frac{40}{220}\,,$$

woraus

$$a = 607{,}7$$

und

$$S_0 = a\,q\,\mathfrak{Cof}\,\frac{l}{a} = 607{,}7 \cdot 4\,\mathfrak{Cof}\,\frac{220}{607{,}7} \approx 2590\ \text{kg}.$$

Da hier $S > S_0$, so liegt Fall b vor.

Es folgt dann für die Ordinate in B aus Gl. (6):

$$y_B = \frac{S}{q} = 1600\ \text{m}$$

und

$$y_A = y_B - 40 = 1560\ \text{m}.$$

$$y_B = a\,\mathfrak{Cof}\,\frac{l+m}{a} = 1600,$$

$$y_A = a\,\mathfrak{Cof}\,\frac{m}{a} = 1560.$$

Wir haben hier zwei Gleichungen mit den beiden Unbekannten a und m. Durch Bildung der Summe und Differenz ergeben sich die neuen Gleichungen:

$$a\left(\mathfrak{Cof}\,\frac{l+m}{a} + \mathfrak{Cof}\,\frac{m}{a}\right) = 3160,$$

$$a\left(\mathfrak{Cof}\,\frac{l+m}{a} - \mathfrak{Cof}\,\frac{m}{a}\right) = 40;$$

$$\mathfrak{Cof}\,\frac{l+2m}{2a} = \frac{1580}{a\,\mathfrak{Cof}\,\dfrac{l}{2a}}\,,$$

$$\mathfrak{Sin}\,\frac{l+2m}{2a} = \frac{20}{a\,\mathfrak{Sin}\,\dfrac{l}{2a}}\,.$$

Quadrieren wir die letzten beiden Gleichungen und subtrahieren dann die untere von der oberen unter Beachtung, daß

$$\mathfrak{Cof}^2 u - \mathfrak{Sin}^2 u = 1$$

ist, so folgt

$$1 = \frac{1580^2}{a^2\,\mathfrak{Cof}^2\left(\dfrac{l}{2a}\right)} - \frac{400}{a^2\,\mathfrak{Sin}^2\left(\dfrac{l}{2a}\right)}\,,$$

$$a^2 = \frac{1580^2}{1 + \mathfrak{Sin}^2\left(\dfrac{l}{2a}\right)} - \frac{400}{\mathfrak{Sin}^2\left(\dfrac{l}{2a}\right)}\,.$$

Der Wert $\dfrac{l}{2a}$ ist bei den hier auftretenden Aufgaben meist ein sehr kleiner echter Bruch, für den annähernd

$$\mathfrak{Sin}\,\frac{l}{2a} \approx \frac{l}{2a}$$

ist. Unter dieser Annahme ergibt sich

$$\frac{a^2}{100} = \frac{4\,a^2\,24964}{4\,a^2 + l^2} - \frac{16\,a^2}{l^2}\,,$$

woraus

$$a = 1550{,}85\ \text{m}.$$

Setzen wir diesen Wert in die Gleichung für y_A ein, so ergibt sich

$$\operatorname{Cof}\frac{m}{a} = 1{,}0059,$$

$$\frac{m}{a} = 0{,}109,$$

$$m \approx 170\ \text{m}.$$

Für den maximalen senkrechten Durchhang erhalten wir aus Gl. (4) und (2)

$$\xi = \frac{l}{2} = 110\ \text{m},$$

$$f(\xi) = \frac{h}{2} - a\operatorname{Cof}\frac{m + \frac{l}{2}}{a} + y_A =$$

$$= 20 - 1550{,}83 \operatorname{Cof} 0{,}181 + 1560 = 4{,}3\ \text{m}.$$

Ist die Steigung des Erdgeländes parallel der Luftlinie AB, so ergibt sich für den zur Erdfläche senkrechten Durchhang, der zugleich den Seilpunkt des kleinsten Abstandes von der Erdfläche angibt:

$$f_1 = f(\xi)\cos\alpha = 4{,}23\ \text{m}.$$

Beispiel 2

Ein Stahl-Aluminium-Seil von 185 mm² Querschnitt ist über einen breiten Taleinschnitt gespannt (Bild 5). Für die Abstände der Aufhängepunkte A und B ist gegeben:

$$l = 900\ \text{m},\quad h = 60\ \text{m}.$$

Die Spannung in B soll 8 kg/mm² betragen, so daß

$$S = 1480\ \text{kg}$$

wird. Ferner ist $q = 0{,}8$ kg/m.

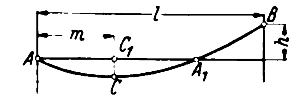


Bild 5. Anordnung des zweiten Beispiels.

Wir untersuchen wiederum zunächst, welcher der drei Fälle von Bild 3 hier vorliegt. Für den Fall a würde sich ergeben:

$$\operatorname{Sin}\frac{l}{2a} = \frac{h}{l} = 0{,}0667,$$

$$a = 6750$$

und

$$S_0 = 0{,}8 \cdot 6750 \operatorname{Cof}\frac{900}{6750} = 5448\ \text{kg}.$$

Da $S < S_0$, so liegt Fall c vor. Es folgt dann entsprechend:

$$y_B = \frac{S}{q} = \frac{1480}{0{,}8} = 1850\ \text{m} = a\operatorname{Cof}\frac{l-m}{a},$$

$$y_A = y_{A_1} = 1790\ \text{m} = a\operatorname{Cof}\frac{m}{a};$$

$$a\left(\operatorname{Cof}\frac{l-m}{a} + \operatorname{Cof}\frac{m}{a}\right) = 3640\ \text{m},$$

$$a\left(\operatorname{Cof}\frac{l-m}{a} - \operatorname{Cof}\frac{m}{a}\right) = 60\ \text{m};$$

$$\operatorname{Cof}\frac{l-2m}{2a} = \frac{1820}{a\operatorname{Cof}\frac{l}{2a}},$$

$$\operatorname{Sin}\frac{l-2m}{2a} = \frac{30}{a\operatorname{Sin}\frac{l}{2a}};$$

$$1 = \frac{1820^2}{a^2\operatorname{Cof}^2\left(\frac{l}{2a}\right)} - \frac{900}{a^2\operatorname{Sin}^2\left(\frac{l}{2a}\right)},$$

$$\frac{a^2}{100} = \frac{182^2}{1 + \operatorname{Sin}^2\left(\frac{l}{2a}\right)} - \frac{9}{\operatorname{Sin}^2\left(\frac{l}{2a}\right)}.$$

Angenähert ist $\operatorname{Sin}\frac{l}{2a} = \frac{l}{2a}$;

damit folgt $\frac{1}{100} = \frac{4 \cdot 33124}{4a^2 + l^2} - \frac{36}{l^2}$,

woraus $a = 1759{,}5$.

Aus $a\operatorname{Cof}\frac{m}{a} = 1790$ ergibt sich dann

$$m = 3327.$$

Setzt man die gefundenen Werte a und m in die Gleichung für y_B ein, so ergibt die linke Seite den Wert 1832,7 anstatt 1850. Der für a gefundene Wert ist hier also nur ein Näherungswert. In der Tat ergibt sich aus $a = 1759{,}5$

$$\frac{l}{2a} = 0{,}256,$$

während $\operatorname{Sin}\frac{l}{2a} = 0{,}2588$

ist. Der Sin-Wert ist also etwas zu groß. Nehmen wir ihn kleiner an und setzen versuchsweise

$$\operatorname{Sin}\frac{l}{2a} = 0{,}258,$$

so wird $\frac{l}{2a} = 0{,}255$

und daraus $a = 1765$;

eingesetzt ergibt $\operatorname{Cof}\frac{m}{a} = \frac{1790}{1765} = 1{,}014164$,

$$\frac{m}{a} = 0{,}16811$$

und $m = 297$ m.

Setzen wir diese Werte $a = 1765$ und $m = 297$ in die Gleichung für y_B ein, so ergibt die linke Seite den Wert 1850.

Der tiefste Punkt der Leitung ist der Scheitelpunkt C, für dessen Durchhang gegen die Waagerechte sich nach Bild 5 ergibt

$$C_1C = y_A - y_C = y_A - a = 1790 - 1765 = 25\ \text{m}.$$

Für den vertikalen Durchhang in der Mitte folgt

$$f = \frac{y_A + y_B}{2} - a\operatorname{Cof}\frac{\frac{l}{2} - m}{a}$$

$$= \frac{1790 + 1850}{2} - 1765\operatorname{Cof} 0{,}0867$$

$$= 1820 - 1771{,}6 \approx 50\ \text{m}.$$

$$H = a\,q = 1765 \cdot 0{,}8 = 1412\ \text{kg}.$$

Die Bogenlänge der Leitung von A bis B ergibt sich aus der Gl. (7):

$$s = a\operatorname{Sin}\frac{x}{a},$$

und zwar

$$s_{AB} = s_{AC} + s_{CB} = a\operatorname{Sin}\frac{m}{a} + a\operatorname{Sin}\frac{l-m}{a}$$

$$= 1765\,(\operatorname{Sin} 0{,}1682 + \operatorname{Sin} 0{,}3416)$$

$$= 1765\,(0{,}169 + 0{,}3482) = 912{,}8\ \text{m}.$$

P. Wittsack VDE, Mannheim

Vergleich der untertägigen Hauptstreckenförderung mit Diesel- und Akkumulatorenlokomotiven

DK 621.335.3

Zur Feststellung der betriebstechnischen und betriebswirtschaftlichen Eigenschaften von Akkumulator- und Diesel-Lokomotiven für die Hauptstreckenförderung in Kohlenbergwerken hat auf Veranlassung der Bergbau-Abteilung des Reichswirtschaftsministeriums der Verein für die bergbaulichen Interessen eine Untersuchung vornehmen lassen. Die beiden genannten Lokomotivarten sind, abgesehen von den elektrischen Oberleitungslokomotiven, die aber nur auf schlagwetterungefährdeten Strecken zugelassen sind, die Fördermittel, die in erster Linie für die Hauptstreckenförderung unbeschränkt in Betracht kommen. Die Untersuchung erstreckte sich auf drei Anlagen mit Akkumulator-Lokomotiven und vier Anlagen mit Diesel-Lokomotiven, die seit mehreren Jahren unter annähernd gleichen Betriebsbedingungen arbeiten.

Das Ergebnis der Untersuchungen ist folgendes: Mit der Verwendung von Akkumulator-Lokomotiven ist keinerlei Einschränkung der Tagesleistung verbunden, weil jede praktisch benötigte Tagesleistung in den Batterien der Akkumulator-Lokomotive gespeichert werden kann. Das wird bestätigt durch eine im Ruhrgebiet vorhandene Anlage mit einer 46 kW Akkumulator-Lokomotive, deren Batterie eine Kapazität von 160 kWh besitzt, die täglich 11000 brtkm[2]) zu leisten vermag und damit die Durchschnittsförderleistung der Grubenlokomotiven im Ruhrgebiet beträchtlich übersteigt. Ihre Ausführung zeigt Bild 1. Obschon das Gewicht der Akkumulator-Lokomotive verhältnismäßig groß ist, hat es doch auf das Verhältnis brtkm zu ntkm nur wenig Einfluß, da das Mehrgewicht der Akkumulator-Lokomotive gegenüber der Diesel-Lokomotive nur einen geringen Bruchteil des Gesamtzuggewichtes ausmacht. In den Anlagen mit Akkumulator-Lokomotiven sind Aushilfsmaschinen nicht erforderlich, da Reparaturen, die recht selten sind, immer nur kurze Zeit in Anspruch nehmen und während der Ladezeit der Batterien ausgeführt werden können. Diesel-Lokomotivanlagen sind dagegen auf Aushilfsmaschinen angewiesen, da die Instandsetzungsarbeiten meist länger dauern und Betriebseinschränkungen durch Ausfall von Maschinen vermieden werden müssen. Akkumulator-Lokomotiven mit Wechselbatterien besitzen eine Teilreserve in der zweiten Batterie.

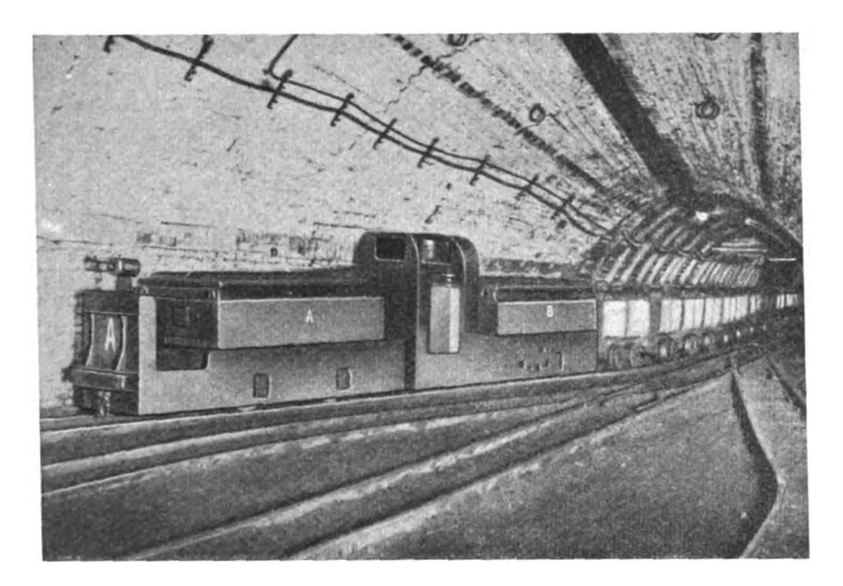


Bild 1. Akkumulator-Grubenlokomotive mit 46 kW, Batterie-Kapazität 160 kWh, tägliche Förderleistung 11000 brtkm.

In sicherheitstechnischer Hinsicht ist im Gegensatz zum Dieselbetrieb die Verwendung von Akkumulator-Lokomotiven in keiner Weise beeinträchtigt. Während Diesel-Lokomotiven wegen der Abgase zu einer besonders guten Bewetterung zwingen, ist dieses bei Akkumulator-Lokomotiven nicht der Fall. Infolge der Abgasfreiheit tritt keine Verschlechterung der Luft ein, so daß die Bewetterung nicht geändert zu werden braucht. Außerdem spricht in betriebstechnischer Hinsicht für den Akkumulator-Lokomotivbetrieb noch das hohe Anzugsmoment und die Überlastbarkeit der treibenden Elektromotoren.

In betriebswirtschaftlicher Beziehung ist die Akkumulator-Lokomotive der Diesel-Lokomotive gleichwertig, obschon sie in der Anschaffung teurer ist als diese. Die Wirtschaftlichkeit einer Lokomotivförderung wird nur zum Teil durch die Lokomotivart, zum anderen nicht unwesentlichen Teil aber durch die Betriebsverhältnisse und Betriebsorganisation bestimmt. Die Gleichwertigkeit in betriebswirtschaftlicher Hinsicht hat zur Voraussetzung, daß die Abschreibung für die Akkumulator-Lokomotive auf 10 Jahre beschränkt und der höchstzulässigen Abschreibungsdauer der Diesel-Lokomotive gleichgesetzt wird. Rechnet man, wie es nach den vorliegenden Erfahrungen unbedingt zulässig ist, mit einer Abschreibungsdauer von 20 Jahren für die Akkumulator-Lokomotive, so ergibt sich für sie eine wirtschaftliche Überlegenheit. Die Aufwendungen für die Instandhaltung der Akkumulator-Lokomotiven sind viel geringer als die für die Diesel-Lokomotiven, weil die Reparaturbedürftigkeit der Akkumulator-Lokomotive sich erneut als wesentlich geringer herausgestellt hat als die der Diesel-Lokomotive. Auch die Wartung und Pflege des elektromotorischen Antriebes verursacht erheblich geringere Kosten als die des Dieselantriebs.

Der Energiebedarf beträgt bei den Akkumulator-Lokomotiven im Mittel 77 Wh je brtkm und bei der Diesel-Lokomotive durchschnittlich 22 g Rohöl je brtkm. Der Energiekostenberechnung wurden die Stromkosten mit 2,2 Rpf. je kWh und die Kosten des Treiböles mit RM 20,— je 100 kg zugrunde gelegt; sie betragen je brtkm bei den Akkumulator-Lokomotiven $2{,}2 \times 0{,}077 =$ rd. 0,17 Rpf. und bei den Diesel-Lokomotiven 0,44 Rpf. Der Verbrauch an Schmieröl wurde bei den Akkumulator-Lokomotiven mit etwa 3,5 kg je Lokomotive und Monat festgesetzt unter der Voraussetzung, daß die Ölfüllung der Achslager und Getriebegehäuse alle 14 Tage erneuert wird. Demgegenüber ergab sich der Verbrauch der Diesel-Lokomotive an Gasmotorenöl für die Zylinderschmierung und Schmieröl für die Triebwerksteile zu etwa 0,3 kg je Lokomotiv-Betriebsstunde. Demnach werden bei der Akkumulator-Lokomotivförderung je Jahr und Lokomotive etwa $24 \times 3{,}5 = 84$ kg Schmieröl verbraucht und bei der Diesel-Lokomotivförderung 1440 kg (Gasmotorenöl und Schmieröl).

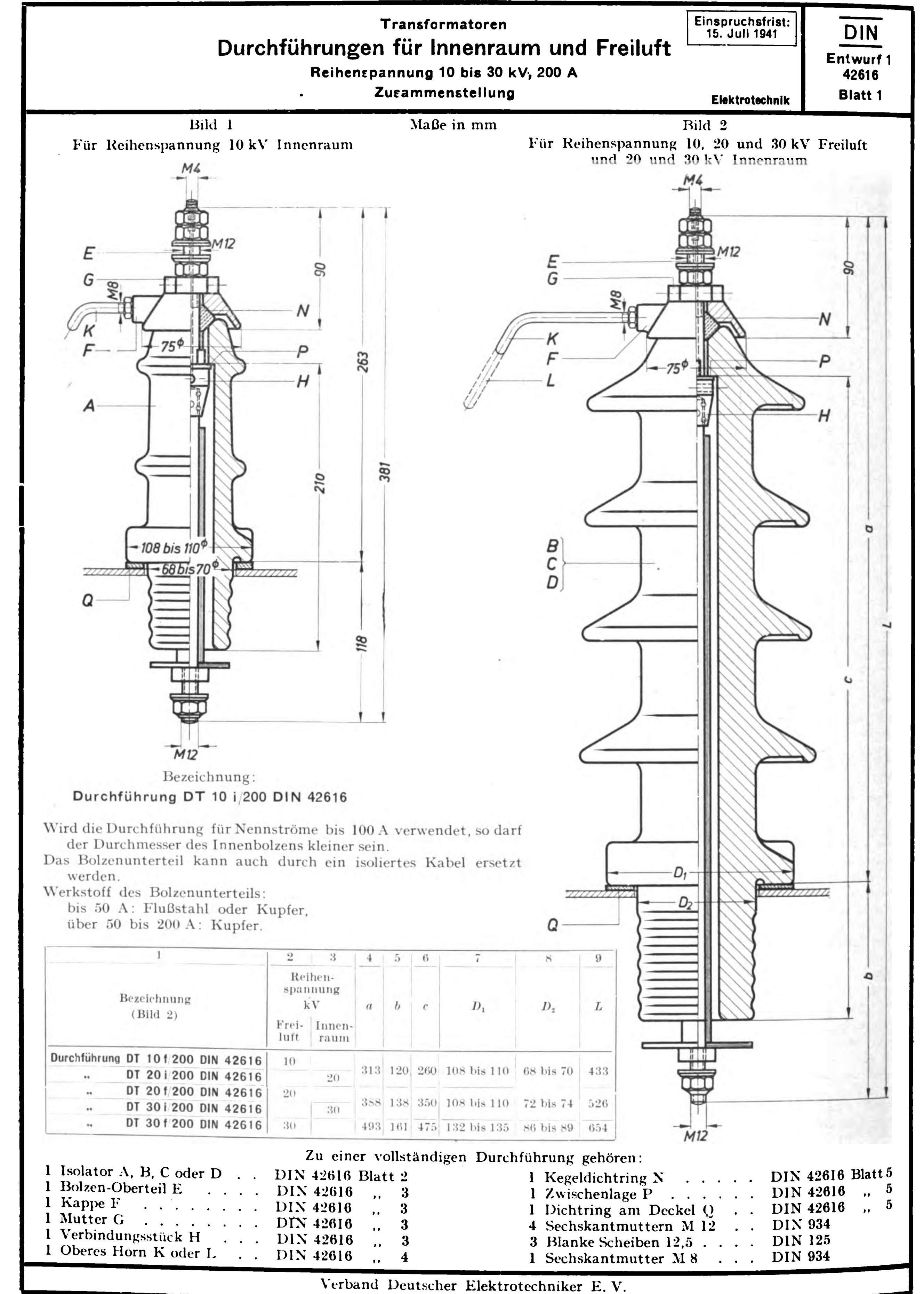
Ein für die Akkumulator-Lokomotive über alles Erwarten günstiges Ergebnis hat die für die Rohstoffbewirtschaftung wichtige Prüfung der Frage nach dem devisenbelasteten Treibstoff der Diesel-Lokomotive und den devisenbelasteten Baustoffen Blei und Kupfer für die Akkumulator-Lokomotive gehabt. Danach ist die jährliche Devisenbelastung für Treiböl ohne Berücksichtigung der synthetischen Eigenerzeugung 27 mal so groß als die der Blei- und Kupferbeschaffung für die Akkumulator-Lokomotiven. Nicht weniger wichtig ist auch die Feststellung, daß die Ausnutzung der Steinkohle zur Gewinnung von Bewegungsenergie auf dem Wege über eine Akkumulatorenbatterie und den elektrischen Antrieb doppelt so groß ist als auf dem Wege der synthetischen Treibstoffgewinnung und Verwendung in Diesel-Lokomotiven. *Rgr.*

[1]) H. Koch, Glückauf 76 (1940) S. 661 u. 677; 18 S., 1 B.
[2]) Brutto-Tonnen-Kilometer.

Normen für Transformator-Durchführungen

VDE-Ausschuß für Transformatoren

DK 621.315.626(083.133.1) : 621.314.212 Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr Mai 1941



Transformatoren

Durchführungen für Innenraum und Freiluft

Reihenspannung 10 bis 30 kV, 200 A

Zusammenstellung

Einspruchsfrist: 15. Juli 1941

Elektrotechnik

DIN Entwurf 1 42616 Blatt 1

Maße in mm

Bild 1
Für Reihenspannung 10 kV Innenraum

Bild 2
Für Reihenspannung 10, 20 und 30 kV Freiluft und 20 und 30 kV Innenraum

Bezeichnung:
Durchführung DT 10 i/200 DIN 42616

Wird die Durchführung für Nennströme bis 100 A verwendet, so darf der Durchmesser des Innenbolzens kleiner sein.
Das Bolzenunterteil kann auch durch ein isoliertes Kabel ersetzt werden.
Werkstoff des Bolzenunterteils:
bis 50 A: Flußstahl oder Kupfer,
über 50 bis 200 A: Kupfer.

<table>
<tr><th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th><th>8</th><th>9</th></tr>
<tr><th rowspan="2">Bezeichnung (Bild 2)</th><th colspan="2">Reihenspannung kV</th><th rowspan="2">a</th><th rowspan="2">b</th><th rowspan="2">c</th><th rowspan="2">D_1</th><th rowspan="2">D_2</th><th rowspan="2">L</th></tr>
<tr><th>Freiluft</th><th>Innenraum</th></tr>
<tr><td>Durchführung DT 10 f/200 DIN 42616</td><td>10</td><td></td><td rowspan="2">313</td><td rowspan="2">120</td><td rowspan="2">260</td><td rowspan="2">108 bis 110</td><td rowspan="2">68 bis 70</td><td rowspan="2">433</td></tr>
<tr><td>„ DT 20 i/200 DIN 42616</td><td></td><td>20</td></tr>
<tr><td>„ DT 20 f/200 DIN 42616</td><td>20</td><td></td><td rowspan="2">388</td><td rowspan="2">138</td><td rowspan="2">350</td><td rowspan="2">108 bis 110</td><td rowspan="2">72 bis 74</td><td rowspan="2">526</td></tr>
<tr><td>„ DT 30 i/200 DIN 42616</td><td></td><td>30</td></tr>
<tr><td>„ DT 30 f/200 DIN 42616</td><td>30</td><td></td><td>493</td><td>161</td><td>475</td><td>132 bis 135</td><td>86 bis 89</td><td>654</td></tr>
</table>

Zu einer vollständigen Durchführung gehören:

1 Isolator A, B, C oder D . . . DIN 42616 Blatt 2
1 Bolzen-Oberteil E . . . . DIN 42616 „ 3
1 Kappe F . . . . DIN 42616 „ 3
1 Mutter G . . . . DIN 42616 „ 3
1 Verbindungsstück H . . . DIN 42616 „ 3
1 Oberes Horn K oder L . . DIN 42616 „ 4
1 Kegeldichtring N . . . . . DIN 42616 Blatt 5
1 Zwischenlage P . . . . . . DIN 42616 „ 5
1 Dichtring am Deckel Q . . DIN 42616 „ 5
4 Sechskantmuttern M 12 . . DIN 934
3 Blanke Scheiben 12,5 . . . . DIN 125
1 Sechskantmutter M 8 . . . DIN 934

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

DK 621.315.626(083.133.1) : 621.314.212

Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr

Mai 1941

Transformatoren

Durchführungen für Innenraum und Freiluft

Reihenspannung 10 bis 30 kV, 200 A

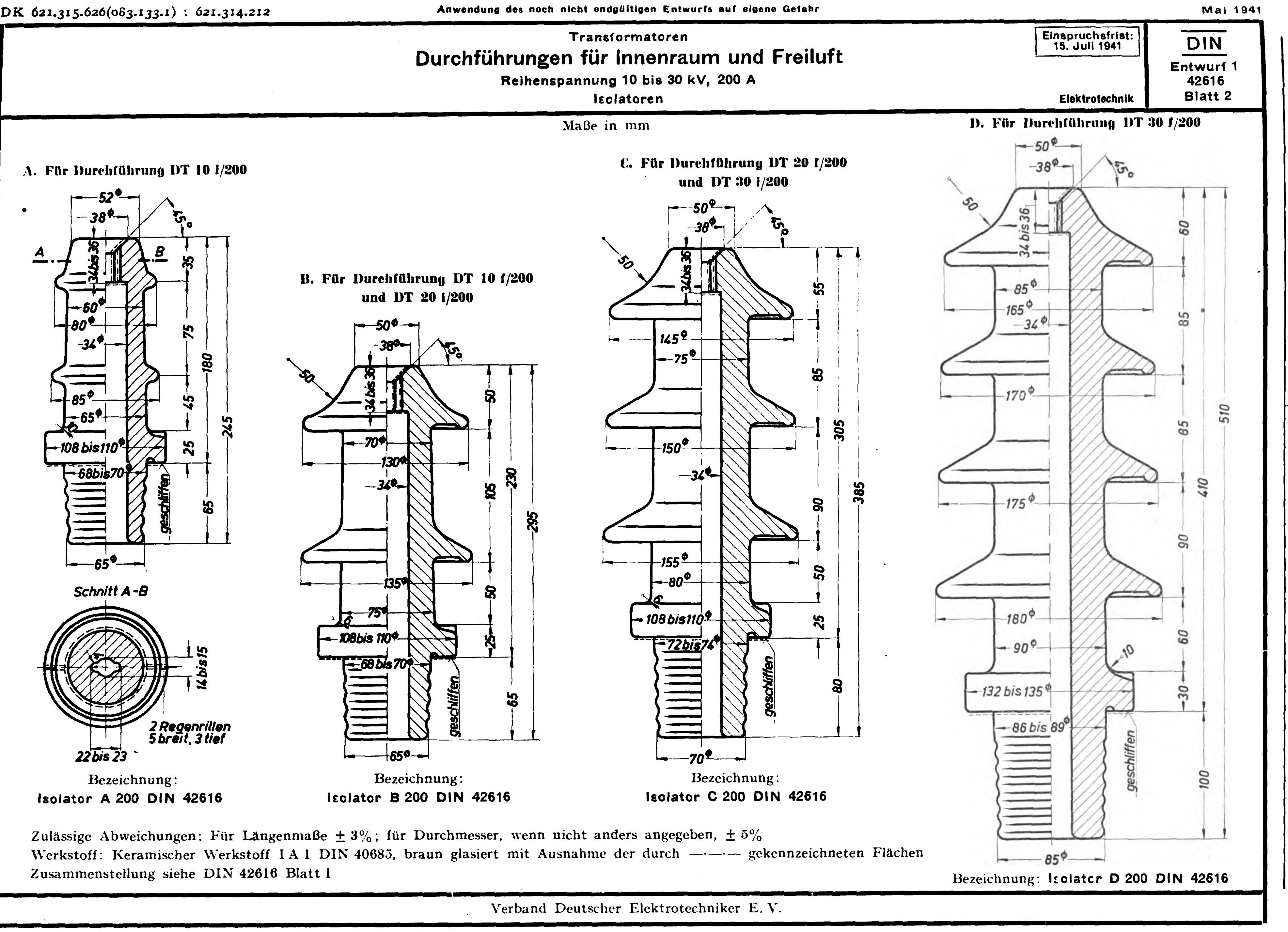
Isolatoren

Einspruchsfrist: 15. Juli 1941

Elektrotechnik

DIN Entwurf 1 42616 Blatt 2

Maße in mm

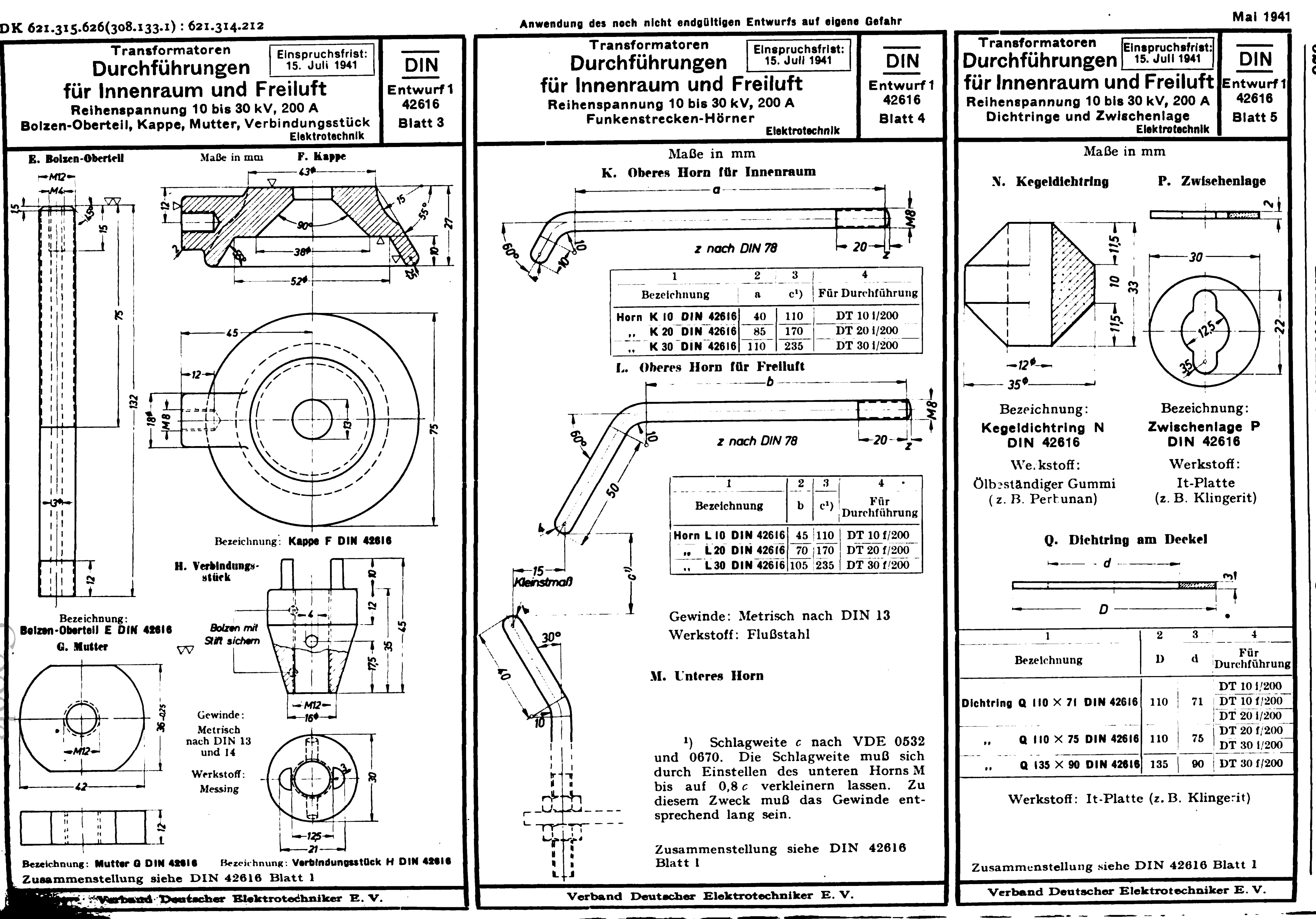


Zulässige Abweichungen: Für Längenmaße ± 3%; für Durchmesser, wenn nicht anders angegeben, ± 5%

Werkstoff: Keramischer Werkstoff I A 1 DIN 40685, braun glasiert mit Ausnahme der durch —·—·— gekennzeichneten Flächen

Zusammenstellung siehe DIN 42616 Blatt 1

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.



DK 621.315.626(308.133.1) : 621.314.212

Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr

Mai 1941

Transformatoren Durchführungen für Innenraum und Freiluft
Reihenspannung 10 bis 30 kV, 200 A
Bolzen-Oberteil, Kappe, Mutter, Verbindungsstück
Elektrotechnik

Einspruchsfrist: 15. Juli 1941

DIN Entwurf 1 42616 Blatt 3

Maße in mm

E. Bolzen-Oberteil

Bezeichnung: Bolzen-Oberteil E DIN 42616

F. Kappe

Bezeichnung: Kappe F DIN 42616

G. Mutter

Bezeichnung: Mutter G DIN 42616

H. Verbindungsstück

Bolzen mit Stift sichern

Gewinde: Metrisch nach DIN 13 und 14

Werkstoff: Messing

Bezeichnung: Verbindungsstück H DIN 42616

Zusammenstellung siehe DIN 42616 Blatt 1

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

Transformatoren Durchführungen für Innenraum und Freiluft
Reihenspannung 10 bis 30 kV, 200 A
Funkenstrecken-Hörner
Elektrotechnik

Einspruchsfrist: 15. Juli 1941

DIN Entwurf 1 42616 Blatt 4

Maße in mm

K. Oberes Horn für Innenraum

z nach DIN 78

1	2	3	4
Bezeichnung	a	c[1])	Für Durchführung
Horn K 10 DIN 42616	40	110	DT 10 i/200
„ K 20 DIN 42616	85	170	DT 20 i/200
„ K 30 DIN 42616	110	235	DT 30 i/200

L. Oberes Horn für Freiluft

z nach DIN 78

Kleinstmaß

1	2	3	4
Bezeichnung	b	c[1])	Für Durchführung
Horn L 10 DIN 42616	45	110	DT 10 f/200
„ L 20 DIN 42616	70	170	DT 20 f/200
„ L 30 DIN 42616	105	235	DT 30 f/200

Gewinde: Metrisch nach DIN 13
Werkstoff: Flußstahl

M. Unteres Horn

[1]) Schlagweite c nach VDE 0532 und 0670. Die Schlagweite muß sich durch Einstellen des unteren Horns M bis auf $0{,}8\,c$ verkleinern lassen. Zu diesem Zweck muß das Gewinde entsprechend lang sein.

Zusammenstellung siehe DIN 42616 Blatt 1

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

Transformatoren Durchführungen für Innenraum und Freiluft
Reihenspannung 10 bis 30 kV, 200 A
Dichtringe und Zwischenlage
Elektrotechnik

Einspruchsfrist: 15. Juli 1941

DIN Entwurf 1 42616 Blatt 5

Maße in mm

N. Kegeldichtring

Bezeichnung: Kegeldichtring N DIN 42616

Werkstoff: Ölbeständiger Gummi (z. B. Perbunan)

P. Zwischenlage

Bezeichnung: Zwischenlage P DIN 42616

Werkstoff: It-Platte (z. B. Klingerit)

Q. Dichtring am Deckel

1	2	3	4
Bezeichnung	D	d	Für Durchführung
Dichtring Q 110 × 71 DIN 42616	110	71	DT 10 i/200 DT 10 f/200 DT 20 i/200
„ Q 110 × 75 DIN 42616	110	75	DT 20 f/200 DT 30 i/200
„ Q 135 × 90 DIN 42616	135	90	DT 30 f/200

Werkstoff: It-Platte (z. B. Klingerit)

Zusammenstellung siehe DIN 42616 Blatt 1

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

RUNDSCHAU

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung

DK 621.315.21.027.3.004.64 : 31

Hochspannungskabelfehler-Statistik 1939. [Nach W. Zimmermann, Elektrizitätswirtsch. 39 (1940) S. 327; 5 S., 6 B.]

Die Statistik umfaßt wieder das deutsche Hochspannungskabelnetz von 15 kV und darüber im Altreich, der Ostmark und im Sudetengau. Die erfaßte Gesamtlänge ist 1939 um 705 km oder 7,5% auf 10077 km (9372) angewachsen[1]). Davon entfallen 5188 km oder 51,5% (55) auf Gürtelkabel und 4889 km oder 48,5% (44) auf Strahlungsschutzkabel. An der Zunahme der Gesamtlänge haben die Strahlungsschutzkabel wieder den weitaus größten Anteil. Von den 1939 neu verlegten Kabeln mit einer Länge von 525 km waren 484 km oder 92% Aluminiumkabel. Die Gesamtlänge des Aluminiumkabelnetzes beträgt nunmehr 1937 km (1453) oder 19,2% (15,5). Die Fehlerhäufigkeit der Kabel insgesamt für alle Spannungsbereiche von 15 kV

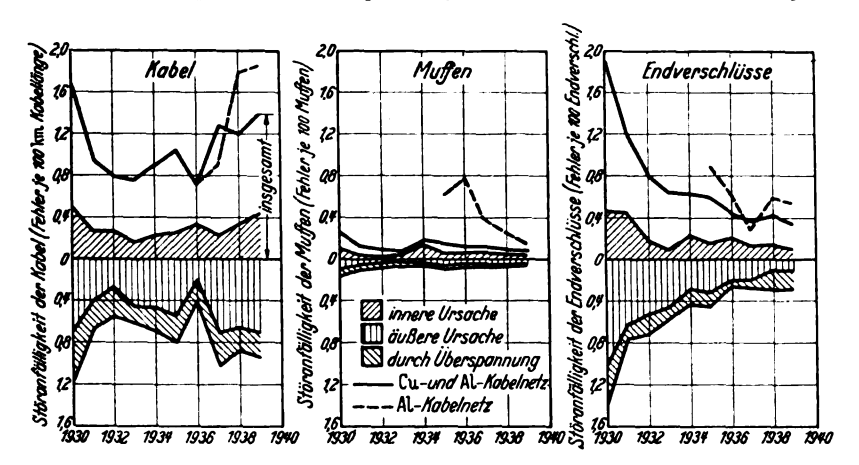


Bild 1. Fehlerhäufigkeit des Gesamtkabelnetzes.

und darüber lag im Jahre 1939 mit 1,38 Fehlern je 100 km (1,22) höher als alle seit 1930 festgestellten Werte (Bild 1). Dieser Anstieg der Fehlerhäufigkeit ist sowohl durch Zunahme der Fehler aus äußerer und innerer Ursache als auch durch Fehler infolge Überspannungen atmosphärischer oder sonstiger Ursache hervorgerufen. Insbesondere weisen dabei die Strahlungsschutzkabel eine bedeutende Steigerung der Fehlerzahl in den Spannungsgruppen 15, 25 und 30 kV auf, während die Fehlerhäufigkeit des Gürtelkabelnetzes sich nur leicht erhöht hat. Fehler in den Spannungsgruppen 60 bis 100 kV sind im Berichtsjahr nicht aufgetreten. Die Muffenfehler mit 0,08 je 100 Stück (0,12) und die Endverschlußfehler mit 0,38 je 100 Stück (0,42) (Bild 1) sind insgesamt gegenüber dem Vorjahr leicht gefallen, wobei sich die Verbesserungen sowohl im Strahlungsschutz- als auch im Gürtelkabelnetz gezeigt haben. Dadurch ist die Fehlerhäufigkeit der gesamten Kabelstrecke, also Kabel, Muffen und Endverschlüsse zusammen mit 2,35 Fehler je 100 km nahezu auf der Höhe des Vorjahres geblieben (2,4). Die Fehlerhäufigkeit des Aluminiumkabelnetzes ist insgesamt etwas zurückgegangen, und zwar auf 3,5 Fehler je 100 km (3,85). Eine Unterteilung des Gesamtergebnisses zeigt auch hier, daß die Fehlerhäufigkeit der Kabel selbst von 1,79 auf 1,85 Fehler gestiegen ist, daß also das günstigere Gesamtergebnis nur durch die Verminderung der Muffenfehler auf 0,15 (0,27) und der Endverschlußfehler auf 0,52 (0,58) je 100 Stück erreicht wurde (Bild 1, gestrichelte Kurven). Die Muffenfehler des Aluminiumkabelnetzes haben sich in den letzten Jahren ständig verringert und liegen im Berichtsjahr erstmalig nur wenig höher als die durchschnittliche Fehlerhöhe der Kupferkabelmuffen. Die Endverschlußfehler des Aluminiumkabelnetzes liegen mit 0,52 je 100 Stück dagegen immer noch wesentlich über der Endverschlußfehlerzahl des Kupferkabelnetzes mit 0,38 je 100 Stück. *v. M.*

[1]) Zahlen in runden Klammern sind die Werte für 1938.

DK 621.367 : 621.315.1

Abheizen von Rauhreif bei Freileitungen. [Nach A. Maret, Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 31 (1940) S. 373; 10½ S., 18 B.]

Zum Beseitigen des Rauhreifansatzes bei Freileitungen mit Hilfe elektrischer Heizung der Leiter- und Erdseile ist aus dem zahlreich angeführten Schrifttum eine Reihe von Vorschlägen und Lösungen bekannt[1]). Eine kurze übersichtliche Erörterung aller dieser Möglichkeiten ergibt als das betrieblich und wirtschaftlich im allgemeinen günstigste Verfahren die vorbeugende Leiterseilheizung, d. h. die Erwärmung der Leitungsphasen bei Witterung mit Neigung zur Rauhreifbildung auf eine Oberflächentemperatur von etwas über 0° C. Diese Form der Rauhreifbekämpfung hat den Vorteil, daß die aufzuwendende Heizleistung wesentlich geringer ist, als sie zum Auftauen bereits gebildeten Eisbehanges benötigt wird, weil die Schmelzwärme in Höhe von 80 kcal/kg dann nicht aufgebracht zu werden braucht. Zudem werden die Leiterseile weniger stark durch Stromüberlastung beansprucht, und schließlich können die Einrichtungen zur Freileitungsheizung in Ausmaß und Leistung wesentlich geringer gehalten werden. Vorteilhaft ist Gleichstrom, der dem Betriebsstrom überlagert werden kann, da für den Gleichstrom nur der Wirkwiderstand der Freileitung, nicht dagegen der vor allem bei Leitungen hoher Spannung verhältnismäßig hohe Blindwiderstand zu berücksichtigen ist. B. Jobin hat verschiedene Schaltungen angegeben, nach denen der Gleichstrom über Zusatzwicklungen der entsprechend ausgebildeten Betriebsumspanner aufgedrückt oder über Drosselspulen auf das Hochspannungsnetz übertragen wird, wobei auch mit Hilfe dieser Drosseln nur das rauhreifgefährdete Teilstück einer längeren Freileitung durch Gleichstromüberlagerung geheizt werden kann.

Nach einem rechnerisch aufgestellten Leistungsvergleich der bei den beschriebenen Verfahren benötigten Geräte ergibt die eingehende Durcharbeitung praktischer Beispiele sowohl für ein 11 kV-Verteilernetz als auch ein 20 kV-Maschennetz und schließlich für eine 130 kV-Kraftübertragung, daß eine allgemeingültige günstige Lösung nicht angegeben werden kann, sondern daß jeder Fall auf die verschiedenen Möglichkeiten hin untersucht werden muß, wobei in erster Linie zu berücksichtigen ist, ob die aufzutauende Leitung ohne Gefährdung und Unterbrechen des Netzbetriebes abgeschaltet werden kann oder nicht. Nur kurz erwähnt wird die Anwendungsmöglichkeit von Hochfrequenzstrom zum Heizen sowie die Lösung, rauhreifgefährdete Leitungsstrecken von vornherein baulich so zu gestalten, daß sie den zu erwartenden Rauhreifbelastungen mechanisch gewachsen sind. [Anm. d. Ber.: Die Meinung des Verfassers, daß bei vorbeugender Heizung alle Geräte und Einrichtungsteile zum Erzeugen und Übertragen des Heizstromes wesentlich geringer gehalten werden könnten, als das zum Auftauen bereits vereister Leitungen nötig ist, trifft an sich wohl zu, ist aber praktisch insofern kaum anwendbar, als vorausgesetzt wird, daß auch tatsächlich bereits vor Beginn der Rauhreifbildung das Heizen einsetzt. Ob das aber immer mit Sicherheit zu gewährleisten ist, bleibt doch sehr fraglich. Man wird von vornherein die erzeugbare Heizleistung höher ansetzen müssen, um auch bei bereits begonnener Eisbildung noch wirkungsvoll abtauen zu können. Auch der Auffassung, daß eine Leitung durch entsprechende bauliche Gestaltung keinesfalls rauhreifsicher gemacht werden könnte, muß in dieser Verallgemeinerung widersprochen werden.] *Kd.*

[1]) K. Halbach, ETZ 54 (1933) S. 33. — H. Roth, ETZ 59 (1938) S. 93.

Elektrische Maschinen

DK 621.313.33

Kennlinien von Asynchronmaschinen mit großem Schlupf. [Nach Th. H. Morgan, W. E. Brown u. A. J. Schumer, Electr. Engng. 59 (1940) Transactions S. 464; 5 S., 7 B.]

Entsprechend dem bereits früher angegebenen Verfahren der Verfasser[1]) können bei Antrieb des Läufers von Asynchronmaschinen mit synchroner Drehzahl gegen das Drehfeld die zusätzlichen Verluste als Differenz aus der dem Ständer zugeführten Leistung, abzüglich der ohmschen Verluste in der Ständerwicklung und der dem Läufer zugeführten Leistung, abzüglich der Verluste durch Reibung und Lüftung bestimmt werden. Als Versuchsmotor wurde ein mit einer geeichten Gleichstrommaschine gekuppelter Asynchronmotor mit Kurzschlußläufer für 7,5 kW, 550 V, 60 Hz, 1750 U/min verwendet, dessen zusätzliche Verluste bei Nennbetrieb 2,08% betragen. Die Messungen wurden für Ständerströme vom einfachen bis zum vierfachen Wert des Nennstromes bei konstanter Drehzahl und für einen Schlupfbereich von Null bis 200% bei konstantem Ständerstrom vorgenommen, wobei nach jedem Lauf der Ständerwiderstand gemessen und für jeden Lauf die Lager- und Luftreibungsverluste bestimmt wurden; es ergab sich eine quadratische Abhängigkeit der zusätzlichen Verluste vom Ständerstrom bei konstanter Drehzahl und eine ebensolche von der Frequenz bei konstantem Ständerstrom. Die als effektiver Widerstandsverlust bezeichnete Schlupfleistung wird ermittelt als Produkt aus dem Schlupf σ und der Drehfeldleistung, wobei diese bei Lauf gegen das Drehfeld als Quotient aus der mechanisch zugeführten Leistung, vermindert um die Reibungs- und die zusätzlichen Verluste, und dem Ausdruck $(\sigma - 1)$ bestimmt wird, bei Lauf mit dem Drehfeld als Quotient aus der mechanisch abgegebenen Leistung, vermehrt um die Reibungsverluste und die zusätzlichen Verluste, und dem Ausdruck $(1 - \sigma)$. Die aus der Schlupfleistung ermittelten Drehmomente werden bei Lauf mit dem Drehfeld um die den zusätzlichen Verlusten entsprechenden Drehmomente vermindert, bei Lauf gegen das Drehfeld um diese vermehrt. Durch Aufnahme mehrerer Versuchsreihen wird gezeigt, daß die Schlupfverluste sich quadratisch mit dem Strom bei gegebener Frequenz ändern und bei gleichem Strom, jedoch verschiedenen Frequenzen, verschiedene Werte haben. Da die Versuche mit Rücksicht auf die Größe der auftretenden Ströme und die Erwärmung der Wicklungen nur bei halber Spannung durchgeführt wurden, dient zur Ergänzung eine Versuchsreihe, bei welcher der Ständerstrom in Abhängigkeit von der Ständerspannung aufgenommen wurde. Aus der entsprechenden Schaulinie konnten alsdann die Ströme bei voller Nennspannung durch Extrapolation gewonnen und somit die Kennlinien des Motors, d. h. auch die Drehmomente bei voller Nennspannung ermittelt werden.

[Anm. d. Ber.: Die praktische Brauchbarkeit des angegebenen Verfahrens zur Ermittlung der Kennlinien von Asynchronmotoren mittlerer und großer Leistungen wird bezweifelt, da die Bestimmung der zusätzlichen Verluste als Differenz von Meßwerten bei solchen Motoren versagt.] *Klt.*

Meßgeräte und Meßverfahren

DK 621.314.63 : 621.317.785

Einfluß von Gleichrichtern auf elektrische Zähler. [Nach C. T. Weller, H. E. Trekell u. F. O. Stebbins, Electr. Engng. 59 (1940) Transactions S. 449; 8 S., 10 B.]

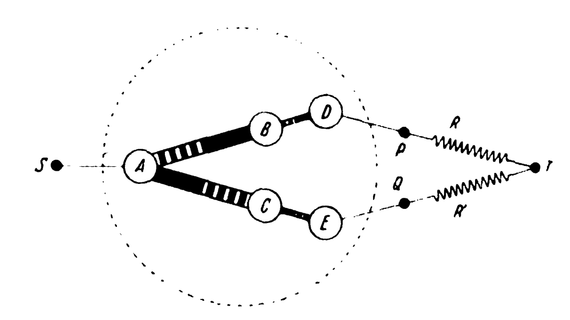
Der Gleichrichter entnimmt dem Drehstromnetz nichtsinusförmige Ströme, die zu nichtsinusförmigen Spannungsabfällen in den vorgeschalteten Induktivitäten führen. An den Klemmen liegt also auch keine sinusförmige Spannung, sodaß anzunehmen ist, daß dort angeschlossene Elektrizitätszähler beeinflußt werden. Der Strom besteht aus der Grundwelle und einer Reihe von Oberwellen, die beim 6-Phasengleichrichter die Ordnungszahl 5, 7, 11, 13, . . ., beim 12-Phasengleichrichter die Ordnungszahl 11, 13, 23, 25, . . . haben und deren prozentuale Größe im Verhältnis der Ordnungszahl fällt. Tatsächlich sind die Oberwellen etwas kleiner, besonders bei höherer Belastung. Aus verschiedenen Gründen treten aber praktisch auch noch weitere Oberwellen auf, wie z. B. die 5., 7., 17. und 19. beim 12-Phasengleichrichter.

Frühere Untersuchungen sollten durch besonders eingehende Versuche fortgeführt werden, wobei man 5 normale Zähler, einen Blindleistungszähler und einen cos φ-Messer einmal bei Belastung durch einen normalen 6-Phasen- und einen 12-Phasengleichrichter untersuchte und sie anschließend unter Benutzung einer sinusförmigen Spannungsquelle prüfte. Der Unterschied in der Genauigkeit mußte dann ein Maß für den nachteiligen Einfluß durch die Gleichrichter werden. Die Versuche ergaben, daß der Einfluß auf den Wirkleistungszähler unter 0,5% liegt. Bei kleiner Last läuft der Zähler zu langsam, bei höherer Last läuft er beim 6-Phasengleichrichter etwas zu schnell, während der 12-Phasengleichrichter dort ohne Einfluß ist. Der Blindleistungszähler wurde stärker beeinflußt; sein Fehler erreichte 1%. Die Aufnahme und Untersuchung der Oszillogramme zeigte, daß die Oberwellen etwas unter dem theoretischen Wert lagen. Der Leistungsfaktor wurde auf drei Arten bestimmt, erstens aus der Angabe des cos φ-Messers, zweitens aus dem Verhältnis Wirkleistung zu $\sqrt{3}\,U\,I$ und drittens aus dem Verhältnis Wirkleistung zur Wurzel aus der Summe der Quadrate der Wirk- und der Blindleistung. Bei sinusförmiger Spannungsquelle stimmten alle drei Werte gut überein, bei Gleichrichterbelastung stimmten nur der erste und der dritte Wert gut überein, der zweite wich ab. Das Verhältnis der Angaben nach der ersten und der zweiten Art betrug bis zu 3%. Als Ergebnis der Versuche, die wohl die praktischen Verhältnisse gut wiedergeben, kann gesagt werden, daß als höchste Abweichung anzusehen sind: 1% bei Zählern für die Wirkleistung, 2% bei Zählern für den Blindverbrauch, 5% bei cos φ-Messern und 6-Phasengleichrichter und 2% bei cos φ-Messern und 12-Phasengleichrichter. Dies gilt bei Verwendung normaler Geräte und Meßwandler. *Nbg.*

DK 621.362 : 621.317.79

Thermoelektrische Vakuummeter. [Nach W. J. H. Moll u. H. C. Burger, Z. techn. Phys. 21 (1940) S. 199; 4 S., 8 B.]

Zur Messung niedriger Gasdrucke ist die Abhängigkeit der Wärmeleitfähigkeit eines Gases vom Druck vielfach verwendet worden. Ein Metalldraht wird elektrisch geheizt und seine Temperatur entweder durch seinen Widerstand oder mittels eines Thermoelementes gemessen. Beide Verfahren haben den Nachteil, daß der größte Teil des durch die Evakuierung bedingten Druckanstiegs in einem verhältnismäßig kleinen Druckintervall von 10^{-1} bis 10^{-3} Torr liegt. Nach E. J. H. Moll und H. C. Burger verschiebt sich bei aus Thermobändchen gebildeten Thermokreuzen das Gebiet stärksten Druckanstiegs nach der Seite niedrigen Drucks, wenn lange und sehr dünne Bändchen verwendet werden. Noch stärker wird diese Verschiebung, wenn die Kreuzungsstelle zwischen Heizband und Thermobändchen in einem gewissen Abstand von der Lötstelle des Thermobändchens angebracht wird. So läßt sich der Einfluß eines niedrigen Gasdrucks etwa um den Faktor 6 steigern. Um ein Instrument mit großem Meßbereich zu erhalten, kann man verschiedene Thermoelemente hintereinander schalten, natürlich auf Kosten der Steilheit der Eichkurve. Ein gewöhnliches Millivoltmeter genügt zur Messung der EMK, wenn man den Heizstrom durch die Thermoelemente selbst leitet, wobei eine Wheatstonesche Brückenanordnung zur Ausschaltung der unmittelbaren Einwirkung des Heizstromes auf das Millivoltmeter dient (Bild 2). Diese Anordnung hat den Vorteil, daß



A B, A C lange und dünne Thermobändchen; *B D, C E* kurze und dicke Thermobändchen; *R, R'* Kompensationswiderstände; *S, T* Stromanschluß; *P, Q* Anschluß am Millivoltmeter; Punktierter Kreis: Wand der Meßröhre

Bild 2. Schaltschema des Vakuummeters.

man Wechselstrom verwenden kann, wodurch der Ausgleich der Brücke nicht mehr zwingend ist und geringe Widerstandsänderungen der Bändchen praktisch ohne Einfluß bleiben. Ein gebräuchliches Millivoltmeter (10 mV, 50 Ω) gibt bei einem Druck von 10^{-4} Torr einen Ausschlag über die ganze Skala. Zur Messung von kleinen Druckänderungen muß das Millivoltmeter durch ein Spiegelgalvanometer ersetzt werden. Die große Thermo-EMK wird dann kompensiert, am besten durch ein zweites Vakuummeter, das vorher evakuiert und abgeschmolzen worden ist. *Br.*

[1]) Electr. Engng. 58 (1939) Transactions S. 319. ETZ 61 (1940) S. 451.

Elektrowärme

DK 621.365.45 : 644.1

Vergleich von elektrischer Strahlungs- und Dampf-Konvektionsheizung. [Nach D. Dow, Electr. Wld., N. Y. 114 (1940) S. 395; 2 S., 2 B.]

Untersuchungen einer amerikanischen Firma ließen darauf schließen, daß mit einer Strahlungsheizung gegenüber einer bisher üblichen Dampfheizung mit Konvektionsheizkörpern Ersparnisse im Wärmeaufwand möglich sind und daß die Strahlungsheizung besonders bei aussetzendem Heizungsbetrieb Vorteile haben könnte. Um diese Überlegungen nachzuprüfen, wurden Vergleichsversuche in zwei getrennten, aber sonst gleichen Räumen vorgenommen. Der eine Raum besaß eine Dampfheizung üblicher Art mit Konvektionsheizkörpern, der andere Raum enthielt unter der Decke aufgehängt eine Anzahl Strahlungsheizkörper, die so bemessen waren, daß die Fußbodenfläche mit ungefähr 215 W/m² bestrahlt wurde. Der ganze Raum hatte eine Bodenfläche von 530 m². Die einzelnen elektrischen Heizkörper hatten eine Heizleistung von 1500 W und eine Oberflächentemperatur von ungefähr 300°. Von der Heizleistung sollen 70 % als Strahlung nach unten wirksam sein. (Nähere Angaben über die Heizkörper sind leider nicht gemacht Dem Bild nach handelt es sich um glatte quadratische Platten von etwa 1 m² Größe, die an Ketten aufgehängt sind.)

Stichproben während der Heizzeit ergaben in einer bestimmten Heizperiode für die Strahlungsheizung einen Wärmeverbrauch von 30 %, für die Konvektions-Dampfheizung von 55 % der maximalen Heizleistung, die für eine Temperaturdifferenz zwischen 15° innen und — 18° außen bemessen war. Die beobachtete Zeitperiode ist durch Wiedergabe der Aufzeichnungen eines registrierenden Thermometers belegt. In Höhe von etwa 1,20 m über dem Fußboden war die Lufttemperatur bei Dampfheizung 2° höher als bei der elektrischen Strahlungsheizung, trotzdem herrschte in dem Raum die gleiche Behaglichkeit. Der geringere Wärmeaufwand wird damit begründet, daß bei der Strahlungsheizung nach oben nicht die Verluste auftreten wie bei der Dampfheizung. (Die Versuche sind noch nicht abgeschlossen; genaue Zahlen sollen erst nach Abschluß der Versuche bekanntgegeben werden.)

Die Erfahrungen decken sich im allgemeinen auch mit denen, die in Deutschland mit der Strahlungsheizung gemacht wurden[1]). Die in England und Amerika gebräuchlichen elektrischen Strahlungsheizkörper sind jedoch bei uns nicht üblich. In Deutschland konnte man sich mit solchen Heizkörpern noch nicht befreunden, weil sie sich architektonisch schlecht in den Raum einfügen, wenn es sich um Wohnräume, Büros u. ä. handelt. Hier zieht man daher die fest in die Decke eingebaute Strahlungsheizung vor, weil sie gänzlich unsichtbar ist. *Kd.*

Fernmeldetechnik

DK 621.396.621

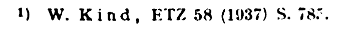
Aufbau und Wirkungsweise von Frequenzmodulationsempfängern. [Nach M. Hobbs, Electronics 13 (1940) H. 8, S. 22; 4 S., 8 B.]

Die beschriebenen Geräte amerikanischen Ursprungs sind für den Frequenzbereich von 41 bis 50 MHz gebaut. Die Schaltung ist folgendermaßen: Auf die abgestimmte und in ihrer Verstärkung regelbare Hochfrequenzvorstufe folgt die Mischoszillatorröhre, dann zwei Zwischenfrequenzverstärkerstufen mit den zwei Begrenzerröhren und zuletzt ein Duodiodengleichrichter (Diskriminator), an dessen Arbeitswiderstand die Tonfrequenz abgenommen wird. Von den Einzelheiten der Schaltung ist bemerkenswert, daß im Eingangskreis des Gerätes eine Neutralisation des Eingangswiderstandes der Vorröhre vorgesehen ist. Dies bringt eine zusätzliche Verstärkung der Eingangsspannung von 2 : 1. Wegen des Rauschpegels der Mischröhre ist diese möglichst hohe Vorverstärkung nötig. Die Mischröhre zeichnet sich durch eine besondere Stabilität der Oszillatorschwingung aus. Bei Anlegen eines Eingangssignals von 1 bis 100 000 µV ohne Regelspannung tritt keine nennenswerte Frequenzänderung des Oszillators auf; außerdem liegt im Schwingungskreis des Oszillators ein temperaturkompensierter Kondensator. Etwa 5 min nach Einschalten des Gerätes ist der Oszillator so eingelaufen, daß die in dieser Zeit größte auftretende Frequenzabweichung unter 3000 Hz liegt. Die Zwischenfrequenz beträgt 5,25 MHz. Für diesen hohen Wert war vor allem maßgebend, daß die Spiegelfrequenzen außerhalb des Empfangsbereiches des Gerätes liegen. Für die gute Wirkungsweise des Frequenzmodulationsempfängers ist weiter eine Ausbildung der Zwischenfrequenzfilter für einen totalen Durchlaßbereich von 150 kHz, genügende Selektivität für Nachbarkanäle, ausreichende Wirkung der Begrenzerstufen und eine linear arbeitende Gleichrichterstufe (Diskriminator) erforderlich. Aus den aufgenommenen Selektivitätskurven ergibt sich, daß bei einer Abweichung von 75 kHz von der Grundfrequenz die Dämpfung in den Hochfrequenzstufen nur 12 db beträgt, was für die Anforderungen eines guten Empfanges ausreicht. Ohne diesen Dämpfungsanstieg wäre es nämlich schwierig, die genügende Selektivität gegenüber den Nachbarkanälen zu erzielen. Bei 125 kHz Abweichung von der Grundschwingung beträgt die Dämpfung bereits 34,5 db. Dadurch ist es z. B. möglich, zwei Sender auf dem 42,8 MHz- und 42,6 MHz-Band auch bei verschiedenen Feldstärken einwandfrei zu trennen. Für die Wirkung der Begrenzerstufen werden die Kurven für 25, 50 und 75 kHz Abweichung angegeben. Oberhalb des Kurvenknicks verlaufen die Kurven geradlinig mit einer Abweichung von höchstens 3 db, so daß praktisch keine Amplitudenmodulation auftritt. Die Zeitkonstanten der Kreise betragen 2,5 µs, was für die Verringerung der Störungen durch kurzzeitige Impulse erforderlich ist. Auch die lineare Wirkung der Diskriminatorstufe wird durch eine aufgenommene Kurve belegt. Da der Wirkungsgrad dieser Stufe gut ist, ist keine hohe Niederfrequenzverstärkung vor den Lautsprechern nötig. Es werden ein Lautsprecher für die Frequenzen bis 2000 Hz und zwei Hochtonlautsprecher bis 12 000 Hz benutzt. Die richtige Abstimmung wird mittels einer Abstimmanzeigeröhre, einem magischen Auge, angezeigt; im Gegensatz zur Abstimmung eines Amplitudenmodulationsempfängers wird hier die richtige Abstimmung erreicht, wenn der Schattenwinkel gerade am größten ist. Es sei noch erwähnt, daß auch Kombinationsempfänger hergestellt werden, die auf Frequenzmodulations- und Amplitudenmodulationsempfang umschaltbar sind. *Drg.*

DK 621.317.33 : 538.566

Über die Messung der Bodenleitfähigkeit. [Nach J. Großkopf u. K. Vogt, Telegr.-, Fernspr.-, Funk- u. Fernsehtechn. 29 (1940) S. 164; 8 S., 12 B.]

Bei der Planung der Antennenanordnungen der verschiedenen Funkdienste spielen die elektrischen Eigenschaften des Geländes[1]) eine bedeutende Rolle. Dabei interessiert häufig nicht so sehr der Absolutwert der Bodenkonstanten, als vielmehr ihr punktweise aufgenommenes Relief, aus dessen Verlauf man auf die Homogenität des Geländes und damit auf seine Eignung beispielsweise für Peilstellen schließen kann. Es zeigt sich, daß die äußere Oberflächengestaltung nicht allein bestimmend ist, sondern daß Geländeschichtungen unter Tage die Homogenität stark beeinträchtigen können. — Die Messung der Bodenleitfähigkeit erfolgte bisher im wesentlichen nach drei Verfahren. Durch Messung der Feldstärke in Abhängigkeit von der Entfernung vom Sender werden Ausbreitungskurven gewonnen, denen durch Vergleich mit den theoretischen Kurven mittlere Werte der Leitfähigkeit zugeordnet werden können. Nach dem Paralleldrahtverfahren wird in den zu untersuchenden Boden ein Paralleldrahtsystem eingegraben und die Leitfähigkeit aus der Dämpfung bestimmt. Die Nachteile beider Verfahren liegen auf der Hand. Das Feldstärkeverfahren liefert einen integralen Wert, der nicht nur die mittlere Leitfähigkeit verschiedener über- und nebeneinander angeordneter Bodenschichten enthält, sondern gleichzeitig auch die durch Beugung, Brechung und Zerstreuung an Hindernissen beeinflußten Ausbreitungsvorgänge mit einschließt. Das Paralleldrahtverfahren ist umständlich, kostspielig und zeitraubend und scheidet daher für umfangreichere Meßreihen aus. — Das physikalisch einfachste Verfahren zur Leitfähigkeitsbestimmung ist das Dipolverfahren. Nach der Theorie von J. Zenneck ist für endlich leitenden Boden das elektrische Feld nicht mehr senkrecht zur Erdoberfläche, sondern in der Richtung der Wellenfortpflanzung geneigt. Durch Messung des Neigungswinkels mit Hilfe eines drehbaren Dipoles bestimmten zuerst Smith-Rose und Barfield die Leitfähigkeit. Sie zeigten die grundsätzliche Brauchbarkeit des Verfahrens, doch waren die Abmessungen der von ihnen verwendeten Dipole noch zu groß und die Genauigkeit nicht ausreichend. — In der vorliegenden Arbeit wird eine neuentwickelte Dipolanordnung beschrieben, welche diese Nachteile nicht mehr aufweist. Die neue Anordnung besteht aus einem um eine vertikale und eine horizontale Achse drehbaren Dipol von etwa 1,5 m Gesamtlänge, der in 2,5 m Höhe über Boden aufgestellt und über Kabel mit einem Empfänger verbunden ist. Der Dipol ist an das Kabel über einen aperiodischen Übertrager angekoppelt, dessen besonders hochgezüchtete elektrische Eigenschaften den Kern der Meßanordnung bilden. Die Anordnung kann zunächst auf dem von


1) W. Kind, ETZ 58 (1937) S. 785.


1) R. Ambronn, ETZ 56 (1935) S. 581. — ETZ 57 (1936) S. 181. — E. Hirt, ETZ 59 (1938) S. 43.

Smith-Rose und Barfield eingeschlagenen Wege zur Messung der Bodenleitfähigkeit benutzt werden, also dadurch, daß der Dipol in der Senderebene in das Empfangsminimum gedreht wird. Der Neigungswinkel ist dann ein Maß der Bodenleitfähigkeit. Die geringen Abmessungen des hier benutzten Dipols gestatten jedoch ein wesentlich genaueres Verfahren. Die in Richtung der Ausbreitung weisende horizontale Komponente der Feldstärke hat eine Phasenverschiebung von maximal 45° gegen die vertikale Komponente, so daß der elektrische Vektor eine flache, schwach gegen die Vertikale geneigte Ellipse beschreibt. Eine wesentlich leichter und genauer durchzuführende Messung des Achsenverhältnisses der Ellipse bietet nun neben ihrer Neigung ein zusätzliches Maß für die Bodenleitfähigkeit. Darüber hinaus gestatten gewisse Beziehungen zwischen Neigung und Achsenverhältnis Rückschlüsse auf die Homogenität des untersuchten Bodens. — Mit dieser Meßordnung wurden in der Umgebung des Senders Berlin (f = 841 kHz) sowie des Deutschlandsenders (f = 191 kHz) zahlreiche Messungen bis zu Entfernungen von 50 km vom Sender durchgeführt. Die erhaltenen Meßergebnisse lassen erkennen, daß ein homogener Boden selten vorliegt, vielmehr im allgemeinen mit einem geschichteten Aufbau gerechnet werden muß. In den meisten Fällen muß nach den Messungen auf das Vorhandensein einer Grundwasserschicht geschlossen werden, in einigen Fällen auch auf die Überdeckung einer schlecht leitenden Unterschicht durch eine besser leitende Oberschicht. Der Schwankungsbereich der Bodenleitfähigkeit war sehr groß. Bei einer Entfernung von 1 km zwischen den Meßpunkten wurden Änderungen von einer Größenordnung gemessen. Aufschlußreich waren Messungen an Hügeln. Die Neigung der Feldlinien folgte auf der dem Sender zugekehrten Hügelseite nicht dem Berganstieg. Auf der dem Sender abgekehrten Hügelseite dagegen folgen die Feldlinien dem abfallenden Berg. Teilweiser Durchtritt und teilweise beträchtliche Beugung sind die Folgerungen aus diesem Verhalten. Durch Anwendung des Verfahrens bei verschiedenen Frequenzen hoffen die Verfasser, die Werte der Bodenleitfähigkeit und der Dielektrizitätskonstante der einzelnen Schichten, ihre Mächtigkeit und Neigung ermitteln zu können und damit ein neues funkgeologisches Mutungsverfahren zu entwickeln. *Dr. Gkf.*

Theoretische Elektrotechnik

DK 537.523 3/.4

Zur theoretischen Bestimmung der Durchbruchspannung von Kugelfunkenstrecken. [Nach J. M. Meek, J. Franklin Inst. 230 (1940) S. 229; 14 S., 4 B.]

Die neuesten Eichungen von Kugelfunkenstrecken für Spannungsmeßzwecke haben Abweichungen von den nach der Peekschen Formel errechneten Spannungswerten ergeben, die nur für einen gewissen Schlagweitenbereich gilt. Gegenüber dieser rein empirisch aufgestellten Formel wird die theoretische Bestimmung der Durchbruchspannung zwischen zwei Kugeln aus atomphysikalischen Betrachtungen hergeleitet. Es werden drei Entladungsgebiete unterschieden: der Durchbruch der Funkenentladung im gleichförmigen, im schwach ungleichförmigen Feld und die Entladung bei großen Schlagweiten mit Koronaerscheinungen.

Der Durchbruch einer Funkenentladung im streng gleichförmigen Feld wird durch eine sich von der Kathode nach der Anode fortbewegende Elektronenlawine eingeleitet. Erreicht nun das Radialfeld um die positive Raumladung in einer Elektronenlawine einen Wert von der Größenordnung des äußeren angelegten Feldes, dann wird ein positiver Stromfaden an der Anode gebildet. Für diesen Fall werden Photoelektronen in unmittelbarer Nachbarschaft der Elektronenlawine in den Stiel des Stromfadens hineingezogen, und es entsteht ein leitender Plasmafaden, der sich als selbst weiterentwickelnder Stromfaden auf die Kathode fortbewegt und die Elektroden überbrückt. Die neue Theorie baut sich also auf einer Ionisation durch Elektronen und Photoionisation im Gas auf. Die folgende Gleichung beschreibt diesen Durchbruchvorgang.

$$\alpha d + \log_e \frac{\alpha}{p} = 14{,}46 + \log_e \frac{X}{p} + \frac{1}{2} \log \frac{d}{p},$$

dabei ist d die Schlagweite, p der Gasdruck in Torr, X die Spannung je cm, α der Townsendsche Ionisierungskoeffizient für Elektronen.

Bei schwach ungleichförmigem Feld und Schlagweiten bis etwa 2 R (R = Radius) findet die Bildung von positiven Stromfäden durch Elektronenlawinen statt, die ihren Ursprung in der Funkenstrecke selbst in der Nähe der Anode haben. Bei diesen Schlagweiten wird nämlich α im mittleren Schlagweitenbereich Null, und zwar fällt dieser Bereich mit dem bekannten Minimum der Durchbruchfeldstärke, wie Kurven zeigen, zusammen. Dadurch wird eine von der Kathode ausgehende Elektronenlawine diffus und erreicht nicht mehr die Anode. Es bildet sich nun eine neue Lawine in Anodennähe. Diese Erscheinung ist schon der Koronaerscheinung, wie sie an einem Leiter im freien Raum auftritt, verwandt.

Bei großen Schlagweiten gelten ähnliche Gesetze, wie für das schwach ungleichförmige Feld. Hierbei treten aber Koronaerscheinungen auf. Auch für diese beiden Gebiete wurden Gesetzmäßigkeiten gefunden.

Durch weitere Untersuchungen über den Einfluß des Luftdruckes auf das Überschlagpotential werden die bekannten Beziehungen bestätigt. Von Interesse ist noch das Übergangsgebiet zwischen der ersten und zweiten Entladungsform, das als Toeplersche Knickstelle bekannt ist und zu ausgedehnten Untersuchungen Anlaß gegeben hat. Es wird versucht, durch Vergleich der von anderen Arbeiten erhaltenen Meßwerten die Toeplersche Knickstelle mit der neuen Theorie in Einklang zu bringen. *Dtn.*

Werkstatt und Baustoffe

DK 621.822.5

Gleitlager mit Austauschwerkstoffen in Kraftmaschinen und Elektromotoren. [Nach C. Brennecke, Arch. Wärmewirtsch. 21 (1940) S. 223; 5 S., 11 B.]

Nach der Erörterung einiger grundsätzlicher Fragen über Lagergestaltung, Lagerschmierung, Schmierschichtstärke und Lagerspiele geht der Verfasser auf die Austauschwerkstoffe ein. Bei Voraussetzung einer zweckmäßigen Gestaltung der Gleitlager kann eine Einsparung von Sparstoffen gewichtsmäßig durch Verringern der Ausgußdicken, durch Austauschwerkstoffe mit einem niedrigen Anteil an Sparstoffen oder durch Verwenden von Lagerarten erzielt werden, bei denen Sparstoffe ganz fortfallen. An Schaubildern wird gezeigt, wieweit die Ausgußstärke bei Lagern von Dampfturbinen und Elektromaschinen verringert und somit Ausgußwerkstoffe gespart werden konnten. Auf Grund von Versuchsergebnissen konnte dazu übergegangen werden, auch in hoch beanspruchten Lagern statt des hochzinnhaltigen Lagerwerkstoffes einen solchen auf Bleibasis zu verwenden.

Ausschlaggebend für die Beurteilung der Brauchbarkeit eines Lagermetalles ist sein Verhalten beim Anfahren und Abstellen der Maschine sowie bei Notlauf. In einer Reihe von Versuchen, zu denen verschiedene Lagermetalle herangezogen wurden, sollte dieses Verhalten im Vergleich zu Weißmetall WM 80 festgestellt werden. Diese Versuche hatten folgende Ergebnisse: Im normalen Betriebszustand, solange Flüssigkeitsreibung gewährleistet ist, sind alle untersuchten Werkstoffe den in Dampfturbinen- und Elektromaschinen vorkommenden Belastungen und Umfangsgeschwindigkeiten gewachsen. Alle Versuche zeigten bei den genannten Versuchsbedingungen außer den Dauerlaufversuchen eine geringe Überlegenheit von WM 80. Bei Ausfall der Flüssigkeitsreibung versagen alle untersuchten Werkstoffe einschließlich WM 80. Der Zeitunterschied zwischen den einzelnen Werkstoffen bis zur Zerstörung der Lauffläche ist gering.

Auf Grund dieser Feststellungen konnten die Grenzen der Verwendung von Lagermetallen auf Bleibasis erheblich erweitert werden. So laufen bereits seit geraumer Zeit Maschinen, bei denen die Lagerschalen mit einem Lagerwerkstoff unter 10% Zinn ausgegossen sind, mit der Lagerbelastung von rd. 10 kg/cm² bei einer Zapfengeschwindigkeit von 48 m/s. Außer über zinnhaltige Lagerwerkstoffe wird noch über Versuchsergebnisse bei Aluminium-Lagern und gußeisernen Lagerschalen ohne Ausguß berichtet. Die Aluminium-Lagerschalen zeigten keine Notlaufeigenschaften. Bei Fortfall der Flüssigkeitsreibung waren die Lager in kürzester Zeit bei gleichzeitiger Zerstörung der Wellenlauffläche zerstört. Laufversuche mit einer Lagerschale aus Sondergußeisen ohne Ausguß zeitigten verhältnismäßig günstige Ergebnisse. Die Zapfengeschwindigkeit konnte bis 32 m/s bei einer spezifischen Belastung von 11,5 kg/cm² gesteigert werden, ohne daß das Lager eine ungewöhnliche Erwärmung zeigte. Erst bei Belastung mit 14,4 kg/cm² und bei der Zapfengeschwindigkeit von 28 m/s trat ein Versagen des Lagers ein. Hierbei wurde die Lauffläche der Lagerschale und der Welle infolge Fehlens von Notlaufeigenschaften zerstört. *P. Bl.*

VERSCHIEDENES

BEKANNTMACHUNGEN

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker

(Eingetragener Verein)

Fernsprecher: 30 06 31 — Postscheckkonto: Berlin 213 12
Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00
Postscheckkonto der ETZ-Verlag G. m. b. H.: Berlin 223 84

Theatervorschriften

Am 1. Januar 1941 sind die neuen Bestimmungen VDE 0108/XII. 40 „Vorschriften für Errichtung und Betrieb elektrischer Starkstromanlagen in Theatern, Versammlungsräumen, Zirkusanlagen, Lichtspieltheatern, Waren- und Geschäftshäusern sowie in fliegenden Bauten unter freiem Himmel" in Kraft getreten. Über die Anwendbarkeit dieser Vorschriften bestanden insofern Unklarheiten, als an der Gültigkeit der Preußischen Polizeiverordnung über Errichtung und Betrieb elektrischer Anlagen vom 15. 2. 1935 (Preuß. GS. 1935 Nr. 5 S. 21) sowie der Grundsätze für die Durchführung dieser Polizeiverordnung in Theatern, öffentlichen Versammlungsräumen und Zirkusräumen sowie in Lichtspieltheatern zunächst nichts geändert wurde. Durch einen gemeinsamen Erlaß des Reichswirtschaftsministers, des Reichsführers SS und Chefs der Deutschen Polizei und des Preußischen Finanzministers vom 27. 3. 1941 wird nunmehr festgelegt, daß die unter den Geltungsbereich der genannten Polizeiverordnung fallenden elektrischen Anlagen und Einrichtungen entweder nach den „Grundsätzen" oder nach VDE 0108/XII.40 errichtet, betrieben und unterhalten werden können. Der Erlaß hat folgenden Wortlaut:

Der Reichswirtschaftsminister
III G/ 5272/41
Der Reichsführer SS und Chef der Deutschen Polizei
Q-VuR. R. II 733/41
Der Preußische Finanzminister
Bau 2202/ 19. 3.
2530/
5/3/

Berlin W 8, den 27. März 1941
Behrenstraße 43

An

a) die Herren Preußischen Regierungspräsidenten,
den Herrn Polizeipräsidenten, Berlin,
den Herrn Verbandspräsidenten in Essen und
den Herrn Stadtpräsidenten der Reichshauptstadt Berlin,
b) die Reichshauptstelle für die technische Überwachung,
Berlin-Grunewald, Hagenstr. 56.

Betrifft: Preußische Polizeiverordnung über Errichtung und Betrieb elektrischer Anlagen vom 15. Februar 1935 — Ministerialblatt für Wirtschaft und Arbeit 1935 S. 98.

Der Verband Deutscher Elektrotechniker (VDE) hat die Vorschriften für Errichtung und Betrieb von Starkstromanlagen in Theatern, Versammlungsräumen, Zirkusanlagen, Lichtspieltheatern, Waren- und Geschäftshäusern sowie in fliegenden Bauten unter freiem Himmel (VDE 0108/XII. 40) in der ETZ 1940 Heft 51 veröffentlicht und mit Wirkung ab 1. Januar 1941 in Kraft gesetzt.

Wir beabsichtigen, nach Durchführung der erforderlichen Vorarbeiten die Preußische Polizeiverordnung vom 15. Februar 1935 und die den gleichen Gegenstand behandelnden Länderverordnungen durch eine Reichspolizeiverordnung zu ersetzen. In Verbindung hiermit werden an die Stelle der zur Zeit geltenden, den Polizeiverordnungen beigefügten Grundsätze die vorgenannten VDE-Vorschriften 0108/XII. 40 treten, soweit sie die unter den Geltungsbereich der Polizeiverordnungen fallenden elektrischen Anlagen behandeln. Um den beteiligten Kreisen der Wirtschaft die Möglichkeit zu geben, bereits jetzt ihre Anlagen nach den VDE-Vorschriften 0108/XII. 40 zu errichten oder zu ergänzen, bestimmen wir hiermit unter Bezug auf § 2 der Polizeiverordnung vom 15. Februar 1935, daß bis zum Inkrafttreten der Reichspolizeiverordnung die unter den Geltungsbereich der genannten Polizeiverordnung fallenden elektrischen Anlagen und Einrichtungen oder Teile von diesen außer nach den der Polizeiverordnung vom 15. Februar 1935 als Anlage beigefügten Grundsätzen auch nach den VDE-Vorschriften 0108/XII. 40 errichtet, betrieben und unterhalten werden dürfen.

An

Berlin, den 27. März 1941

a) die Landesregierungen — außer Preußen —
b) die Herren Reichsstatthalter.

Abschrift übersenden wir zur Kenntnis mit dem Ersuchen, eine gleiche Regelung zu treffen, soweit diesen Gegenstand behandelnde Polizeiverordnungen bestehen.

Zugleich für den Reichsführer SS und
Chef der Deutschen Polizei und
den Preußischen Finanzminister
Der Reichswirtschaftsminister

Im Auftrag
gez. Rühl

Transformatoren

Unter Mitarbeit der Wirtschaftsgruppen Elektroindustrie, Keramische Industrie, Elektrizitätsversorgung hat eine besondere Arbeitsgruppe einen Entwurf 1 zu

DIN 42616 Durchführungen für Innenraum und Freiluft Reihenspannung 10 bis 30 kV, 200 A

aufgestellt, der in ETZ 62 (1941) H. 23, S. 524 bis 526 veröffentlicht ist. Einsprüche und Anregungen hierzu können bei der VDE-Geschäftstelle bis zum 15. Juli 1941 eingereicht werden.

Ein weiterer Entwurf zu DIN 42615 „Durchführungen für Innenraum und Freiluft Reihenspannung 1 kV, 200 bis 1600 A" wurde bereits im vorigen Heft der ETZ veröffentlicht.

Verband Deutscher Elektrotechniker
Der Geschäftsführer:
Viefhaus

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker

Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus



Ungültige Prüfzeichengenehmigungen

Unter Bezugnahme auf § 7,2 der Prüfordnung der VDE-Prüfstelle werden die folgenden erloschenen Prüfzeichengenehmigungen hiermit besonders bekanntgemacht, da die ungültigen Genehmigungsausweise der VDE-Prüfstelle nicht zurückgegeben wurden bzw. nicht zurückgegeben werden konnten:

AEG. Apparatefabrik, Berlin
Gen. Nr. 108/29 (erloschen am 14. 11. 1939)
Wechselstrom-Netzanschl.-Empfänger „DAF 1011"

Georg Buß & Co., Wembach/Post Darmstadt II-Land
Gen. Nr. 7 (erloschen am 23. 11. 39)
1 pol. Kipphebel-Aus- und Serienschalter 6 A 250 V
Gen. Nr. 8 (erloschen am 23. 11. 39)
1 pol. Druckknopf-Serienschalter 6 A 250 V
Gen. Nr. 9 (erloschen am 23. 11. 39)
1 pol. Knebel-Aus-Serien- und Wechselschalter 6 A 250 V
Gen. Nr. 11 (erloschen am 23. 11. 39)
1 pol. Kipphebel-Ausschalter 6 A 250 V
Gen. Nr. 12 (erloschen am 23. 11. 39)
1 pol. Druckknopf-Ausschalter 6 A 250 V
Gen. Nr. 10 (erloschen am 23. 11. 39)
2 pol. Steckdosen 10 A 250 V

Blaupunktwerke G.m.b.H., Berlin
Gen. Nr. 263/26 (erloschen am 23. 10. 40)
Gleich- und Wechselstrom-Netzanschl.-Empfänger DKE 38

Deutsche Philips G.m.b.H., Berlin
Gen. Nr. 1016/7 (erloschen am 16. 4. 40)
Wechselstrom-Netzanschl.-Empfänger „DAF 1011"

Ehrich & Graetz, Berlin
Gen. Nr. 200/11 (erloschen am 22. 2. 39)
Volksempfänger VE 301 GW

Arthur Leschke, Berlin
Gen. Nr. 1 (erloschen am 12. 11. 40)
D-Schmelzeinsätze 6 A und 10 A, 500 V
Gen. Nr. 2 (erloschen am 12. 11. 40)
D-Schmelzeinsätze 6 A 500 V

Radio-A.G. D. S. Loewe, Berlin
Gen. Nr. 308/2 (erloschen am 12. 11. 38)
Wechselstrom-Netzanschl.-Empfänger „DAF 1011"

Dr.-Ing. Schott & Co., Langenhagen-Hannover
Gen. Nr. 394/2 (erloschen am 10. 2. 39)
Tauchsieder 400, 600 und 1000 W, 110/120/130/200/220/240 V

Siemens-Elektrizitäts A. G., Müglitz
Gen. Nr. 7393 (erloschen am 1. 4. 39)
D-Schmelzeinsätze 2, 4, 6, 10, 15, 20, 25, 35, 50 u. 60 A, 500 V

Staßfurter Rundfunk Ges.m.b.H., Staßfurt
Gen. Nr. 5 (erloschen am 8. 11. 1939)
Wechselstrom-Netzanschl.-Empfänger „DAF 1011"

Süddeutsche Telefon-Apparate-Kabel und Drahtindustrie, Nürnberg
Gen. Nr. 977/2 (erloschen am 7. 12. 39)
Wechselstrom-Netzanschl.-Empfänger „DAF 1011"

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker
Dall

Sitzungskalender

VDE Bezirk Braunschweig. 9. 6. (Mo), 19^{30}, T. H., Hochspann.-Inst.: „Höchstspannungskabeltechnik". Dr. Vogel VDE.

Außeninstitut der T. H. Berlin. 12. u. 13. 6. (Do u. Fr), Aula der T. H.: Gießereitechnische Vorträge Spritz- und Preßguß. Leitung: Prof. Nipper. Teilnehmergebühr 6 RM. Näheres durch das Außeninstitut der T. H.

VDE Bezirk Niedersachsen, Hannover. Arbeitsgemeinsch. Techn. Nachwuchs. 10. 6. (Di), 20^{00}, „Hastra", Marienstr. 2: „Über die atomistischen Grundlagen des elektrischen Feldes, der Isolierstoffe und der metallischen Leitung". Dipl.-Ing. Fr. Meyer VDE.

VDE Bezirk Mittelbaden, Karlsruhe. 10. 6. (Di), 20^{00}, Industrie- u. Handelskammer: „Die Entwicklung des Überstromschutzes und dessen Auswirkung auf Netzgestaltung und Betrieb".

PERSÖNLICHES

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten)

K. Schmidt †. — Am 8. Mai d. J. verschied in Konstanz am Bodensee bei Antritt seines Urlaubes der Generalbevollmächtigte der AEG und Wehrwirtschaftsführer, Herr Karl Schmidt, ein Wegbereiter der Elektrotechnik im Schiffbau.



K. Schmidt †

Geboren am 1. 3. 1875 zu Stuttgart, zeigte er bereits in frühen Jahren Neigung zum technischen Berufe. Nach Beendigung seines Studiums an der T. H. Darmstadt trat er 1898 seine erste Stelle bei der AEG an, wo er bald als Assistent von v. Dolivo Dobrowolsky mit interessanten Aufgaben beschäftigt wurde. Als die Kaiserliche Marine für die Werft in Danzig einen Elektriker suchte, der sowohl die Vorbereitungen der elektrischen Anlagen und deren Einbau an Bord als auch die Ausrüstung an Land bearbeiten sollte, wurde Karl Schmidt für diese Aufgabe von der AEG zur Verfügung gestellt. Von dieser Zeit an, da er als technischer Hilfsarbeiter und Abteilungsdirigent in Danzig tätig war, ist er dem Schiffbauwesen treu geblieben. Sehr bald wurde er in das Reichsmarineamt als wissenschaftlicher Hilfsarbeiter gerufen, wo er zusammen mit Marineoberbaurat Engel die Grundlagen für die fortschreitende Einführung der elektrischen Anlagen an Bord schuf. Die noch heute, wenn auch in veränderter Form, in der Marine gebräuchlichen Vorschriften „Grundzüge für elektrische Anlagen auf Schiffen" sind damals entstanden. Auch die Bearbeitung des Bordinstallationsmaterials, Kabel usw., und die Aufstellung der ersten Marine-Normen fällt in jene Arbeitsperiode. 1907 kehrte Karl Schmidt zur AEG zurück und übernahm unter gleichzeitiger Ernennung zum Prokuristen die Leitung der Abteilung Schiffbau. Da er nach seiner mehrjährigen Tätigkeit in der Marine über ausgezeichnete Kenntnisse der Bordverhältnisse und der allgemeinen Marinebelange verfügte, gelang es ihm, die Abteilung Schiffbau in der AEG so auszubauen, daß sie in der Lage war, allen Anforderungen zu genügen. Seine unermüdliche Schaffenskraft und Ausdauer im Verein mit seinem klaren technischen Blick waren hierbei entscheidend. Auszeichnungen und Ehrungen waren der Lohn für seinen Einsatz.

Großen Anteil hat Karl Schmidt bei der Wiederaufrüstung und dem Aufbau der neuen Wehrmacht, wobei er neue umfangreiche Arbeitsgebiete hinzubekam.

Mitten aus diesem intensiven Schaffen, das ihn trotz mehrjährigen Leidens voll in Anspruch nahm, wurde er abberufen. Die technischen Aufgaben, die zu erfüllen er bestrebt war, hatten ihn so in ihren Bann gezogen, daß er sich leider nur kurzzeitig der Kur für sein Leiden widmen konnte. Die Elektrotechnik und auch die mit ihr zusammenhängenden Gebiete des Maschinenbaus verlieren an Karl Schmidt einen Ingenieur von seltenen Gaben und einen aufrechten deutschen Mann, der auch in Deutschlands Notzeit mit seiner ganzen Persönlichkeit für seine Überzeugung eintrat. Seine Arbeit und sein Name werden in der Wehrtechnik nicht vergessen werden.

Ch. Breitenstein VDE

L. Binder. — Zur Klarstellung unserer Mitteilung in ETZ 62 (1941) H. 21, S. 491, sei noch bemerkt, daß Prof. Binder dem VDE-Vorstand als Vertreter der Hochschulen (nicht Hochschule) angehört.

Hochschulnachrichten. — Herr Dr. phil. habil. Fritz Borgnis ist unter Zuweisung an die Philosophische Fakultät der Universität Graz zum Dozenten für das Fach Physik ernannt worden.

EINGÄNGE

(Ausführliche Besprechungen vorbehalten)

Bücher

MSV-Jahrbuch der Galvanotechnik 1941. Bearb. m. d. Leitgedanken: Oberflächenbehandlung im Zeichen der Austausch-Metalle. 176 S. im Format 105 × 148 mm. Verlag E. G. Leuze, Leipzig 1940. Preis kart. 1,30 RM.

[Heute sind Zink und Verzinkung, besonders Glanzverzinkung in den Vordergrund getreten und haben dementsprechend mehr Raum im diesjährigen Jahrbuch erhalten. Daneben ist die Hartverchromung wichtig geworden, obwohl Chrom Sparmetall ist, weil sie den Verschleiß von Werkzeugen sehr verringert und dadurch sparen hilft. Auch in anderen Abschnitten ist manches hinzugefügt, manches geändert worden.] *K. A.*

Englisch-Deutsches und Deutsch-Englisches Wörterbuch der Chemie. Nachtrag I und II. Von W. H. Thurow. 85 S. im Format 125 × 176 mm. Verlag von Dr. Arthur Tetzlaff, Berlin-Zehlendorf 1940. Preis geb. 15,— RM.

[Zwar sind die Namen der Chemikalien großenteils international, aber in der chemischen Technik ist es anders, besonders bei Rohstoffen und Maschinenteilen. Hier versagt nicht selten das gewöhnliche Wörterbuch und erst solch Fachwörterbuch hilft dem Chemiker und dem Ingenieur. Manches scheint freilich entbehrlich, z. B. chocolate brown schokoladenbraun. Besser jedoch zuviel als zu wenig.] *K. A.*

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Postrat E. Eisele VDE, Berlin-Bohnsdorf, Parchwitzer Str. 65
Ziviling. Dr. P. Wittsack VDE, Mannheim D 7 6

Abschluß des Heftes: 30. Mai 1941

Wissenschaftliche Leitung: **Harald Müller VDE (z. Z. im Felde)**
G. H. Winkler VDE (z. Z. im Felde)
H. Hasse VDE und R. Henrichs VDE

Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.



Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

62. Jahrgang | Berlin, 12. Juni 1941 | Heft 24

Die neuen Vorschriften für Installationsmaterial

Von A. Molly VDE, Berlin, und F. Sessinghaus VDE, Kierspe i. W.

DK 621.315.6(083.133.2)

Am 1. Juli 1941 treten die vom Ausschuß für Installationsmaterial neu aufgestellten Vorschriften

VDE 0606 „Vorschriften für Verbindungs- und Abzweigdosen, Hauptleitungsabzweigkästen sowie Leuchtenklemmen“,

VDE 0616 „Vorschriften für Lampenfassungen und Lampensockel bis 750 V“,

VDE 0620 „Vorschriften für Steckvorrichtungen bis 100 A 750 V“,

VDE 0632 „Vorschriften für Schalter bis 60 A 750 V“ und

VDE 0470 „Regeln für Prüfgeräte und Prüfverfahren“

in Kraft. Durch diese Arbeiten wird VDE 0610 „Vorschriften, Regeln und Normen für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial bis 750 V Nennspannung“, soweit es sich um Schalter, Steckvorrichtungen, Fassungen und Lampensockel sowie Verlegungs- und Verbindungsmaterial handelt, ersetzt.

Die Bestimmungen § 89 „Isolierrohre“ und § 92 „Stahlpanzerrohre“ sind bereits mit Herausgabe von VDE 0605 „Vorschriften für Installationsrohre für elektrische Anlagen“ ungültig geworden.

Für Sicherungen mit geschlossenem Schmelzeinsatz, die in VDE 0610 durch die §§ 46 bis 54 erfaßt wurden, sind neue Bestimmungen in VDE 0635 „Vorschriften für Leitungsschutzsicherungen mit geschlossenem Schmelzeinsatz 500 V bis 200 A“ für die Nennspannung 500 V mit Gültigkeit vom 1. Januar 1941 bereits in Kraft gesetzt.

Von VDE 0610 bleiben künftig daher nur noch die Bestimmungen für Sicherungen mit geschlossenem Schmelzeinsatz für die Nennspannung 750 V sowie der Abschnitt F. „Armaturen, Kaschierungen und Fassungsnippel“ mit den §§ 74 bis 77, der Abschnitt G. „Handleuchter“ mit den §§ 78 bis 87 sowie der Abschnitt H. „Verteilungstafeln“ mit § 88 bis auf weiteres in Kraft. Eine Neubearbeitung dieses Restes von VDE 0610 ist in Aussicht genommen.

Durch die oben aufgeführten neuen Arbeiten für Installationsmaterial wird ferner ersetzt:

VDE 0615	„Leitsätze für Fassungen zu Röhrenlampen mit beiderseitigem Sockel nach DIN VDE 9650 (Soffittenlampen)“,	Bestimmungen über Soffittenlampen sind in VDE 0616 künftig enthalten.
VDE 0622	„Leitsätze für 2-polige Steckvorrichtungen mit Schutzkontakt (Dosensteckvorrichtungen 250 V 10 A) für Erdung, Nullung oder Schutzschaltung“,	Diese Arbeiten werden durch VDE 0620 ersetzt.
VDE 0625	„Vorschriften für 2-polige Gerätesteckvorrichtungen und Geräteanschlußschnüre 10 A 250 V für Hand- und Elektrowärmegeräte“,	
VDE 0626	„Vorschriften für 2-polige Gerätesteckdosen 10 A 250 V mit Schutzkontakt“,	
VDE 0630	„Vorschriften für Geräteschalter“.	Die Vorschriften sind in VDE 0632 übernommen worden.

Mit der Arbeit VDE 0610, die 1928 herausgegeben wurde, verschwindet eine Arbeit, die in der deutschen Elektrotechnik und auch im Ausland unter der Kurzbezeichnung „KPI“ (Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial) allgemein bekannt ist und die 12 Jahre lang die Grundlage für die Ausgestaltung und Prüfung von Installationsmaterial bildete.

Man könnte annehmen, daß bei der rastlos fortschreitenden Entwicklung in der Elektrotechnik die Geltungsdauer dieser Vorschriften reichlich lang war. Für alle Beteiligten ist aber eine Stetigkeit in den Vorschriften von ganz erheblicher Bedeutung, denn die Industrie kann sich auf lange Sicht und gute Massenfertigung einrichten, der Händler hält kein veraltetes Material am Lager und der Installateur ist auf Grund seiner Erfahrungen mit den einzelnen Typen vertraut.

Die KPI vom Jahre 1928 haben sich voll bewährt. Es sind unter ihnen Installationsgegenstände auf den Markt gekommen, die gegenüber den früher im Gebrauch befindlichen sehr solide und stabil sind und die auch bezüglich Sicherheit gegen Feuer und Gefährdung des Lebens große Fortschritte gegenüber den früheren Konstruktionen aufweisen.

Im Laufe der Jahre wurden nur wenige Änderungen des Wortlautes von VDE 0610 vorgenommen. Die Gesamtentwicklung auf dem Gebiet des Installationsmaterials, insbesondere das Aufkommen der Kunstharzpreßstoffe, machte eine grundlegende Neubearbeitung notwendig.

VDE 0610 wird jetzt nicht mehr durch eine einzige neue Bestimmung ersetzt, sondern es sind für die verschiedenen Gerätearten Einzelbestimmungen aufgestellt, außerdem sind in VDE 0470 die Prüfgeräte zusammengefaßt.

Unterlagen für die Abfassung der neuen Bestimmungen waren in erster Reihe die Erfahrungen der VDE-Prüfstelle, berechtigte Forderungen der Abnehmer und Hersteller sowie Wünsche, die der VDE durch die Mitarbeit in der Installations-Fragen-Kommission (IFK) kennenzulernen Gelegenheit hatte. Während in Deutschland in den letzten Jahren auf dem Gebiet des Installationsmaterials keine neuen grundlegenden Arbeiten herausgegeben wurden, erschienen von der IFK Anforderungen an Fassungen, Dosenschalter, Steckvorrichtungen, 2-polige Gerätesteckvorrichtungen usw. Aus diesen Anforderungen wurden die Bestimmungen übernommen, die zur Erhöhung der Sicherheit und der Güte des Installationsmaterials dienen. Durch die Berücksichtigung der IFK-Anforderungen, der Erfahrungen der VDE-Prüfstelle und der Fortschritte auf allen Gebieten der Elektrotechnik in den letzten 15 Jahren sind nunmehr Vorschriften für Installationsmaterial geschaffen worden, die für die Zukunft nicht nur für Großdeutschland, sondern auch für den gesamten europäischen Wirtschaftsraum und auch darüber hinaus Geltung haben werden. In diesen Vorschriften sind die Mindestanforderungen festgelegt, die an Installationsmaterial zu stellen sind, damit Sicherheit gegen Unfall und Feuer bei ordnungsmäßigem Gebrauch gewährleistet ist.

Im Dezember 1935 wurde das „Gesetz zur Förderung der Energiewirtschaft" (Energiewirtschaftsgesetz) herausgegeben. Nach diesem Gesetz und den dazugehörenden Durchführungsbestimmungen müssen Installationsgegenstände den anerkannten Regeln der Technik — als solche gelten die Bestimmungen des Verbandes Deutscher Elektrotechniker — entsprechen. Heute können der Installateur, der Großhändler, aber auch der Hersteller gesetzlich zur Rechenschaft gezogen werden, wenn sie Geräte in den Verkehr bringen, die nicht den anerkannten Regeln der Technik entsprechen, und wenn hierdurch Unheil entsteht.

Die sicherste Gewähr, daß Installationsmaterial den VDE-Bestimmungen entspricht, hat der Hersteller dadurch, wenn er seine Erzeugnisse von der VDE-Prüfstelle prüfen läßt und die auf den Markt kommenden Geräte mit dem VDE-Zeichen versieht. Der Großhändler und der Installateur sind geschützt, wenn sie solche Geräte verwenden.

VDE 0610 enthielt noch nicht für alle Installationsgegenstände Vorschriften. Die fehlenden sind in den jetzt vorliegenden neuen Arbeiten mit erfaßt, so daß demnächst fast das gesamte Installationsmaterial das VDE-Zeichen tragen kann.

Bei neu entwickelten Geräten kann es vorkommen, daß sie noch ohne VDE-Zeichen auf den Markt kommen, dann trägt selbstverständlich der Hersteller die volle Verantwortung dafür, daß er nach den anerkannten Regeln der Technik gebaut hat.

Besonders zu erwähnen ist, daß die neue Fassung der Vorschriften in keiner Weise durch Maßnahmen beeinflußt ist, die durch Umstell- und K-Vorschriften gegeben werden. Der VDE hat bei der Bearbeitung der Bestimmungen einen neuen Weg beschritten. Der Wortlaut wurde nicht nur innerhalb des Ausschusses für Installationsmaterial und seiner Unterausschüsse aufgestellt. Bereits über die ersten Entwürfe fanden mit den Herstellern der jeweiligen Gerätegattungen grundlegende Aussprachen statt, erst dann erschienen die Entwürfe in der ETZ zur Kritik. Der auf Grund eingegangener Abänderungsanträge aufgestellte neue Wortlaut wurde dann den Wirtschaftsgruppen Elektroindustrie und Elektrizitätsversorgung zur Überprüfung zugestellt. So kann mit Recht behauptet werden, daß an dem jetzt vorliegenden Wortlaut alle interessierten Kreise der deutschen Elektrotechnik mitgearbeitet haben.

Vier Unterausschüsse haben die einzelnen Gerätegattungen bearbeitet, und zwar für Schalter, Steckvorrichtungen, Fassungen und Verlegungsmaterial.

Mitglieder des Ausschusses sind Vertreter der interessierten Wirtschaftsgruppen Elektrizitätsversorgung und Elektroindustrie; dem Ausschuß gehören ferner Vertreter der Behörden und der Wehrmacht an.

Die Ausarbeitung der neuen Vorschriften, die mehrere Jahre dauerte, erforderte eine Unzahl von Nachprüfungen und technischen Beratungen. Bei Betrachtung der Gesamtkosten für die Ausarbeitung, Sitzungen, Reisen, Nachprüfungen usw. sind die neuen VDE-Vorschriften für Installationsmaterial ein großes Wertobjekt, das nicht den einzelnen Bearbeitern, wohl aber der Allgemeinheit zugute kommt.

Es ist vornehmlich das deutsche Volk, das Bestimmungen erhält, bei deren Einhaltung die Sicherheit und Zuverlässigkeit der elektrischen Anlagen gewährleistet ist. Aber auch viele andere Länder haben längst den Wert der VDE-Vorschriften und der nach ihnen hergestellten Gegenstände erkannt und verlangen Erzeugnisse mit dem VDE-Zeichen.

Die Vorschriften sind auch so gestaltet, daß Installationsmaterial für Anlagen in den verschiedenen klimatischen Verhältnissen gebaut werden kann. Sie gelten für Erzeugnisse, die sowohl am Meeresstrand als auch auf dem höchsten Bergesgipfel, in der Ebene und im Bergland, mithin ohne weiteres in ganz Europa zur Anwendung kommen können. Dies ist dringend notwendig, denn nicht nur das deutsche Volk, sondern alle Völker haben ein Anrecht auf elektrische Anlagen, die die notwendige Sicherheit bieten.

Die Massenanfertigung elektrotechnischer Installationsgegenstände geschieht einheitlich für das deutsche 80 Millionen-Volk und auch für viele Millionen Bewohner anderer Länder. Es ist einleuchtend, daß erheblich höhere Fertigungskosten entstehen, wenn dann für Länder mit wenigen Millionen von Einwohnern Sonderforderungen gestellt werden und besonders gefertigt werden muß. Nicht nur die großen Kosten der Ausarbeitung von besonderen Vorschriften, sondern auch die Kosten und die Arbeit besonderer Prüfungen können in den einzelnen Ländern fortfallen, wenn einheitliche Vorschriften und ein einheitliches Prüfzeichen im ganzen europäischen Wirtschaftsraum eingeführt sind.

Der Wortlaut von VDE 0610 sah Vorschriften (Muß-Vorschriften) und Regeln (Soll-Vorschriften) vor. Die neuen Bestimmungen enthalten nur noch Vorschriften: die Regeln, über deren Befolgung oft Meinungsverschiedenheiten bestanden, sind weggefallen. Dies war unerläßlich, damit dem Konstrukteur, den Prüfstellen und dem urteilenden Richter ein eindeutiger Wortlaut vorliegt.

Dort wo Prüfvorschriften an Stelle allgemeiner Vorschriften treten konnten, sind der Klarheit wegen nur diese Prüfvorschriften aufgestellt.

Zu VDE 0610 hatte der Ausschuß für Installationsmaterial auch noch Erläuterungen aufgestellt; auch auf diese wurde verzichtet, da sich der Ausschuß bemüht hat, den Wortlaut der neuen Bestimmungen so klar abzufassen, daß Erklärungen und Erläuterungen entbehrlich sind.

Allgemein ist zu erwähnen, daß in den neuen Vorschriften die DIN-Normen, die für die jeweiligen Gerätegattungen in Betracht kommen, aufgeführt sind. Die Normblätter selbst sind ebenfalls neu bearbeitet worden. Neu ist es, daß bestimmte Maße und Angaben eingehalten werden müssen, die in den Normblättern mit einem Stern gekennzeichnet sind. Nicht genormte Ausführungen und

Bauteile dürfen selbstverständlich nicht mit genormten verwechselbar sein, wenn hierdurch die Sicherheit beeinträchtigt wird.

Beim Vergleich der neuen Arbeiten mit KPI 1928 wird sich ergeben, daß verhältnismäßig wenige Umkonstruktionen erforderlich sind, weil ein Abweichen von den Forderungen der KPI nach Möglichkeit vermieden worden ist. Wo allerdings der Fortschritt der Technik Änderungen gebot, sind auch Abweichungen erforderlich geworden.

Im folgenden werden die wichtigsten Änderungen gegenüber VDE 0610 kurz behandelt:

Werkstoffe

In VDE 0610 sind bestimmte Angaben über den Werkstoff der Strom führenden Teile nicht gemacht, da man es bisher als selbstverständlich ansah, daß hierfür Kupfer oder Messing in Betracht kämen. Die Anforderungen, die die Durchführung des Vierjahresplanes an die Elektrotechnik stellte, bedingte die Lösung der Frage, welche Metalle an Stelle von Kupfer und Messing mit Erfolg verwendet werden könnten. Da es nun nicht möglich ist, alle sich bewährenden Metalle und Legierungen aufzuführen, wird nunmehr allgemein die Forderung gestellt, daß Kontaktflächen elektrisch gut leitend und so beschaffen sein müssen, daß ein die Sicherheit beeinträchtigendes Ansteigen des Kontaktwiderstandes, z. B. durch Oxydbildung, verhindert wird. Mit welchen Werkstoffen diese Forderung erfüllt wird, ist Sache der Hersteller.

Für die Isolierteile sind gegenüber VDE 0610 wesentliche, weitergehende Bestimmungen herausgegeben. Bemerkenswert ist es, daß künftig Befestigungen in Isolierstoffmuttergewinde zulässig sind, wenn die hierfür gemachten Angaben eingehalten werden. Selbstverständlich müssen Schrauben, die Kontakt vermitteln, aus Metall bestehen und in metallenes Muttergewinde eingreifen.

Die Bestimmungen über die Wärmesicherheit der Isolierteile sind gegenüber VDE 0610 verschärft. Ferner sind zusätzliche Angaben für Installationsmaterial aus Weichgummi gemacht.

Neu ist die Forderung, daß Teile aus nichtkeramischen gummifreien Isolierpreßstoffen aus einem vom Staatlichen Materialprüfungsamt, Berlin-Dahlem, überwachten Typ bestehen müssen. Die in VDE 0610 enthaltene Forderung, daß Isolierteile aus nichtkeramischen gummifreien Isolierpreßstoffen nach VDE 0320, soweit es technisch ausführbar ist, das vom Staatlichen Materialprüfungsamt erteilte Überwachungszeichen nach DIN 7702 tragen müssen, gilt nunmehr für das gesamte Gebiet des Installationsmaterials.

Schutzarten

Neu ist die Unterteilung der einzelnen Gerätearten hinsichtlich der Schutzart, und zwar werden unterschieden:

Schutzart O: Ausführung ohne Abdeckung (ohne Berührungsschutz),
Schutzart A: Abgedeckte Ausführung (nicht wassergeschützt),
Schutzart B: Geschützte Ausführung (tropfwassergeschützt),
Schutzart C: Abgedichtete Ausführung,
Schutzart D: Druckwasserdichte Ausführung.

Diese Schutzarten sind künftig auf dem Gerät durch ein Kurzzeichen nach DIN 40 011 (1, 2 oder 3 Tropfen) anzugeben. Entsprechend der Schutzart sind die Anforderungen bei der Spannungsprüfung verschieden. Die Isolation der Geräte in abgedeckter Ausführung wird nach Lagern im Feuchtraum geprüft. Bei der geschützten Ausführung geschieht die Prüfung nach einer Beregnung mit Wasser, und Geräte in abgedichteter Ausführung werden nach Lagern unter Wasser von etwa 5 cm Höhe geprüft.

Leitungsanschlüsse

Bei den Leitungsanschlüssen muß neuerdings darauf Rücksicht genommen werden, daß außer Kupferleitern auch Leiter aus Aluminium anzuschließen sind. Dementsprechend wird die Forderung erhoben, daß Klemmen für eindrähtige Leiter VDE 0608 „Leitsätze für Klemmen zum Anschluß von eindrähtigen Aluminiumleitern mit Querschnitten bis 16 mm²" entsprechen müssen. Die Leitungsanschlußstelle muß so ausgebildet sein, daß Leitungen ohne Biegen einer Öse angeschlossen werden können. Diese Forderung wird ebenfalls mit Rücksicht auf die Aluminiumleiter erhoben.

Prüfungen

Ein sehr wichtiger Gesichtspunkt für die Abfassung der neuen Vorschriften war es, Prüfungen in den Vordergrund zu stellen. Demzufolge sind die Prüfbestimmungen gegenüber den KPI sehr umfangreich geworden. Ferner ist auch die Reihenfolge der Prüfungen, die Anzahl der Prüflinge und die Bewertung der Prüfungen genau festgelegt.

Prüfung der Feuchtigkeitssicherheit

Wie es sich bei den Beratungen der neuen Entwürfe, insbesondere auch in den Verhandlungen der IFK, gezeigt hat, sind noch nicht genügend Versuchsunterlagen vorhanden, um ein Prüfverfahren in allen Einzelheiten festlegen zu können, das den Anforderungen aller Geräte gerecht wird. Auf Vorschlag der VDE-Prüfstelle wird bezüglich der Prüfung der Feuchtigkeitssicherheit auf VDE 0308 „Leitsätze für die Erzeugung bestimmter Luftfeuchtigkeit zur Prüfung elektrischer Isolierstoffe" verwiesen. Diese Leitsätze sind hierfür sehr geeignet, da in ihnen alle wesentlichen Punkte enthalten sind, die bei der Feuchtigkeitsprüfung zu berücksichtigen sind.

Gegenüber VDE 0610 sind die Prüfspannungen erhöht worden, und zwar

für 250 und 380 V Nennspannung auf 2000 V
„ 500 V „ „ 2500 V
„ 750 V „ „ 3000 V.

Ferner sind Angaben über die Größe des Ableitstromes gemacht, der

bei einer Prüfspannung von 2000 V 1 mA,
„ „ „ „ 2500 V 1,25 mA,
„ „ „ „ 3000 V 1,50 mA

nicht überschreiten darf. Diese Werte entsprechen dem in VDE 0610 enthaltenen Wert von 2 MΩ.

Schaltleistung

In den neuen Vorschriften für Schalter und für Steckvorrichtungen ist künftig der Leistungsfaktor des abzuschaltenden Stromes bei Geräten 3-poliger Ausführung zu berücksichtigen. Die Angaben, die bei der Schaltleistungs- und Gebrauchsprüfung hinsichtlich Strom, Stromart, Spannung, $\cos \varphi$ usw. zu berücksichtigen sind, sind übersichtlich in Tafeln zusammengestellt.

Mechanische Sicherheit

Sehr umfangreich sind die Prüfungen der mechanischen Sicherheit. Die Prüfungen auf mechanische Sicherheit werden wie bisher in VDE 0610 mit einem Fallgewicht vorgenommen. Die Größe des Gewichtes und die Fallhöhe ist in Abhängigkeit von der Schutzart und der Verlegungsart gebracht worden, z. B. wird ein Schalter in abgedeckter Ausführung bei Aufputzverlegung mit einem Fallgewicht von 150 g, das aus 25 cm Höhe fällt, geprüft. Für einen abgedichteten Schalter ist das Gewicht allgemein 50 g, die Fallhöhe 50 cm. Das von der



IFK vorgeschlagene Pendelschlagwerk zur Prüfung der mechanischen Sicherheit wurde nicht übernommen, da auf Grund von Versuchen festgestellt wurde, daß sich mit diesem Gerät nicht eindeutige Prüfergebnisse erzielen lassen.

Die Zuverlässigkeit von Schraubverbindungen, die in KPI überhaupt nicht berücksichtigt war, wird jetzt durch Festlegen der Prüfdrehmomente erfaßt.

Schalter

In die neuen Vorschriften für Schalter sind auch Bestimmungen für Lichtdrücker, für die bisher überhaupt keine VDE-Vorschriften bestanden, einbezogen worden. Diese dürfen nur für 250 V und müssen für mindestens 60 W gebaut sein. Neu ist die Bestimmung, daß als kleinster Nennstrom 1 A für alle Schalter festgesetzt ist, desgleichen die Forderung, daß ein- und zweipolige Schalter bis 10 A für 250 V für Gleich- und Wechselstrom gebaut sein müssen.

Steckvorrichtungen

Eine Neuerung ist die Zulässigkeit von Sicherungen in Wandsteckern und die Schaffung der Kleingeräte-Steckvorrichtung 6 A 250 V (DIN 49 493).

Fassungen

Neu aufgenommen wurden Bestimmungen für Bajonettfassungen und -sockel B 15 und B 22. Die Schraubfassung E 14 kann künftig mit einem Schalter (mit Nennstrom 2 A) versehen sein. Der Nennstrom für die Fassung E 27 und der Nennspannung 250 V ohne Schalter ist auf 4 A herabgesetzt worden, mit Schalter mit 2 A belassen.

Verlegungsmaterial

Die neue Arbeit VDE 0606 umfaßt Bestimmungen über Verbindungs- und Abzweigdosen, Hauptleitungsabzweigkästen sowie Leuchtenklemmen. Die Bestimmungen für in einigen Ländern bisher verwendete sog. Drallklemmen sind vom VDE nicht übernommen worden, da diese sich beim Verlegen von Aluminiumleitungen nicht bewähren. Neu ist, daß Metalldosen und Metallkästen mit Auskleidung außen, Metalldosen ohne Auskleidung außen und innen einen rostschützenden Überzug haben. Für den Rostschutz sind die Prüfbestimmungen übernommen worden, die in VDE 0605 für Installationsrohre festgelegt sind.

Regeln für Prüfgeräte und Prüfverfahren

Die bisher gültigen Vorschriften VDE 0610 enthalten in Abschnitt M allgemeine Prüfbestimmungen für die Prüfung der diesen Vorschriften unterliegenden Geräte. Manche dieser Prüfbestimmungen gelten für verschiedenartige der unter VDE 0610 fallenden Geräte gleichermaßen.

Da VDE 0610 jetzt nicht durch eine einzige neue Bestimmung ersetzt wird, sondern für die verschiedenen Gerätearten Einzelbestimmungen aufgestellt sind, ergab sich die Frage, ob man in Zukunft in jede Einzelbestimmung die zugehörige Prüfbestimmung einfügen oder ob man für die Geräte aller dieser Bestimmungen die Prüfbestimmungen zusammenfassen sollte. Man entschloß sich für das Letzte.

Dem Nachteil, der sich daraus ergibt, daß man für die Beurteilung eines Erzeugnisses außer der Gerätebestimmung auch die Prüfbestimmung heranziehen muß, steht der größere Vorteil gegenüber, daß die Prüfbestimmungen — zunächst für Installationsmaterial — einheitlich zusammengefaßt sind.

Das hat folgende Vorzüge:

1. Durch die Zusammenfassung ergibt sich zwangsweise eine Übereinstimmung der Prüfbestimmungen für einander ähnliche, in verschiedenen Bestimmungen behandelte Geräte.
2. Diese Übereinstimmung bleibt auch bei späteren Änderungen der einzelnen Gerätebestimmungen gewahrt.
3. Die mit Prüfungen beauftragten Stellen haben die hierfür in Betracht kommenden Bestimmungen übersichtlich zusammen.

Außerdem wird das Vorhandensein dieser Bestimmungen ohne Zweifel die VDE-Ausschüsse bei der Aus- oder Umarbeitung von anderen VDE-Bestimmungen anregen, dort nach Möglichkeit für Prüfungen auch diese Bestimmungen vorzuschreiben. Sie sind zunächst — wie bereits erwähnt — ausschließlich auf Installationsmaterial abgestellt, aber eine Erweiterung für die Prüfung anderer Geräte ist von Fall zu Fall vorgesehen.

Die jetzige Fassung der Regeln ist gegenüber dem Entwurf[1]) in der Form geändert. Nach § 2 des Entwurfes enthielten die Regeln

1. eine Beschreibung des grundsätzlichen Aufbaus der in der VDE-Prüfstelle benutzten Prüfgeräte und des dort angewendeten Prüfverfahrens,
2. wiesen sie darauf hin, inwieweit diese eingehalten werden müssen, um eindeutige Ergebnisse zu erzielen.

In der jetzigen Fassung hat man diese beiden verschiedenartigen Bestandteile des Entwurfes klarer getrennt. Die eigentlichen Regeln enthalten jetzt die Bestimmungen über anzuwendende Prüfgeräte und Prüfverfahren insoweit, als es nötig ist, um ein eindeutiges Ergebnis der vorgeschriebenen Prüfung bei der Durchführung an verschiedenen Stellen zu gewährleisten. Im übrigen überlassen sie es dem Prüfer, seine Geräte den örtlichen Verhältnissen entsprechend aufzubauen. Einen Anhalt für zweckmäßigen Aufbau der Geräte und Durchführung der Prüfungen geben die zwischen den Bestimmungen in Kleindruck eingefügten Angaben über die von der VDE-Prüfstelle angewendeten Prüfgeräte und Prüfverfahren, die nicht als Bestandteil der Regeln gelten.

Die VDE-Prüfstelle hat von den von ihr benutzten Prüfgeräten Zeichnungen angefertigt, die von ihr bezogen werden können, so daß jeder Prüfer in der Lage ist, auch mit gleichen Geräten die Prüfungen durchzuführen.

Geltungsbeginn

Wie bereits eingangs erwähnt, treten die 5 neuen Vorschriften am 1. Juli 1941 in Kraft. Für die Herstellung gelten daneben die bisherigen Vorschriften VDE 0610/XII. 40, 0615/1929, 0622/1930, 0625/1933, 0626/1933 und 0630/1937, und zwar bis zum 31. Dezember 1942. Dieser Termin ist mit Rücksicht darauf festgelegt worden, daß der Hersteller unbedingt eine Übergangszeit für die Umstellung benötigt.

Für die Verwendung bleibt solches Installationsmaterial, das nach früheren VDE-Bestimmungen fertiggestellt ist, auch weiterhin zulässig, wenn die Verwendung nicht ausdrücklich durch eine VDE-Vorschrift für unzulässig erklärt ist.

---

[1]) ETZ 61 (1940) S. 1075.

Vorschriften für Verbindungs- und Abzweigdosen, Hauptleitungsabzweigkästen sowie Leuchtenklemmen

DK 621.315.67/.68

VDE 0606/V.41

Inhaltsübersicht

I. Gültigkeit

§ 1

Geltungsbeginn

a) Diese Vorschriften treten am 1. Juli 1941 in Kraft[1]).

Für die Herstellung gelten daneben die bisherigen Vorschriften VDE 0610/XII. 40 bis zum 31. Dezember 1942.

Für die Verwendung bleiben solche Erzeugnisse, die bis zu diesem Termin nach früheren VDE-Bestimmungen fertiggestellt sind, auch weiterhin zulässig, wenn ihre Verwendung nicht ausdrücklich durch eine VDE-Vorschrift für unzulässig erklärt ist.

§ 2

Geltungsbereich

a) Diese Vorschriften gelten für

Klemmensockel (Klemmen ohne Abdeckung) sowie Verbindungs- und Abzweigdosen zur Verwendung in Anlagen mit Betriebsspannungen über 42 bis 750 V und Nennquerschnitte bis 16 mm²,

Hauptleitungsabzweigkästen zur Verwendung in Anlagen mit Betriebsspannungen über 42 bis 500 V und Nennquerschnitte bis 70 mm²,

Leuchtenklemmen zur Verwendung in Anlagen mit Betriebsspannungen über 42 bis 380 V und Nennquerschnitte bis 2,5 mm².

b) Für schlagwettergeschützte Dosen und Hauptleitungsabzweigkästen gilt VDE 0170 „Vorschriften für die Ausführung schlagwettergeschützter elektrischer Betriebsmittel."

c) Für explosionsgeschützte Dosen und Hauptleitungsabzweigkästen gilt VDE 0171 „Vorschriften für die Ausführung explosionsgeschützter elektrischer Betriebsmittel."

II. Begriffe

§ 3

a) Nennspannung ist die Spannung, für die die Klemmensockel, Dosen, Hauptleitungsabzweigkästen und Leuchtenklemmen gebaut und benannt sind.

b) Nennquerschnitt der Klemme ist der Leitungsquerschnitt, für den die Klemme gebaut und benannt ist.

c) Kriechstrecke ist der kürzeste Weg längs der Oberfläche eines Isolierteils
zwischen unter Spannung stehenden Teilen oder
zwischen unter Spannung stehenden Teilen einerseits und Erde oder der Berührung zugänglichen Stellen und Metallteilen anderseits.

d) Luftstrecke ist der kürzeste Luftabstand
zwischen unter Spannung stehenden Teilen oder
zwischen unter Spannung stehenden Teilen einerseits und Erde oder der Berührung zugänglichen Stellen und Metallteilen anderseits.

e) Schutzleitung ist der Sammelbegriff für die leitende Verbindung zwischen dem zu schützenden Gerät und dem Erder (bei Erdung), dem Nulleiter (bei Nullung) oder dem Schutzschalter (bei Schutzschaltung).

f) Isolierstoff ist der Sammelbegriff für alle isolierenden Werkstoffe, wie z. B. keramische Isolierstoffe, nichtkeramische Isolierpreßstoffe, Glimmer, Hartpapier usw.

g) Klemmensockel und Dosen dienen zur Herstellung von Verbindungen und Abzweigungen von Leitungen innerhalb einer elektrischen Anlage.

h) Hauptleitungsabzweigkästen dienen zum Einbau in Haupt- und Steigeleitungen, vornehmlich zum Anschluß von Abzweigleitungen vor dem Zähler.

i) Leuchtenklemmen sind einzelne oder mehrere zu einer Einheit zusammengebaute Klemmen, die derart isoliert sind, daß sie als selbständige Verbindungsmittel (ohne Dosen), z. B. zum Anschluß von Beleuchtungskörpern an fest verlegte Leitungen, verwendet werden können.

k) Leuchtendosen sind Verbindungs- und Abzweigdosen, die gleichzeitig zum Anschluß von Leuchten dienen.

l) Hinsichtlich der Schutzart werden unterschieden:

Schutzart O: Ausführung ohne Abdeckung (ohne Berührungsschutz),
„ A: Abgedeckte Ausführung (nicht wassergeschützt),
„ B: Geschützte Ausführung (tropfwassergeschützt),
„ C: Abgedichtete Ausführung.

III. Bestimmungen

§ 4

Aufschriften

a) Aufschriften müssen dauerhaft und gut leserlich sein.

b) Nachstehende Aufschriften müssen so angebracht sein, daß sie nach Entfernen der Abdeckung sichtbar sind; auch Abdeckungen müssen diese Aufschriften auf der Vorderseite tragen:

Ursprungszeichen,
Nennspannung,
Nennquerschnitt (bei Dosen ohne Klemmen nicht erforderlich),
Bezeichnung der Schutzart [siehe § 2 b)]:
geschützte Ausführung (Kurzzeichen 💧 nach DIN 40013),
abgedichtete „ („ 💧💧 „ DIN 40013).

Für Leuchtenklemmen genügt Angabe des Ursprungszeichens.

c) Einlegbare Klemmen für Hauptleitungsabzweigkästen müssen die Angabe des Nennquerschnittes aufweisen.

d) Die Anschlußstelle für die Schutzleitung ist durch das Schutzzeichen nach DIN 40011 zu kennzeichnen.

e) Isolierteile aus nichtkeramischen, gummifreien Isolierpreßstoffen nach VDE 0320 müssen, soweit es technisch ausführbar ist, das vom Staatlichen Materialprüfungsamt, Berlin-Dahlem, erteilte Überwachungszeichen nach DIN 7702 tragen, das gleichzeitig Herkunft und Typ erkennen läßt.

§ 5

Nennspannung

a) Als normale Nennspannung für Klemmensockel und Dosen gelten: 380, 500 und 750 V.

b) Die kleinste Nennspannung für Hauptleitungsabzweigkästen ist 500 V.

c) Leuchtenklemmen dürfen nur für 380 V gebaut sein.

§ 6

Nennquerschnitt

Als normale Nennquerschnitte gelten:

für Klemmensockel sowie für Verbindungs- und Abzweigdosen . .	2,5, 6, 10 und 16 mm²,
für Hauptleitungsabzweigkästen .	6, 16, 35 und 70 mm²,
für Leuchtenklemmen	2,5 mm².

§ 7

Normen

a) Für Klemmensockel, Verbindungs- und Abzweigdosen, Hauptleitungsabzweigkästen sowie Leuchtenklemmen gelten folgende Normen: *)

[1]) Genehmigt durch den Vorsitzenden des VDE im Mai 1941.

*) Im folgenden sind überall Normblattnummern der 40000 er Reihe angegeben, auch wenn die Blätter noch die bisherige DIN VDE-Bezeichnung tragen.

DIN 7702 Überwachungszeichen für typisierte Preßmassen und Preßstoffe,
DIN 40011 Erdungszeichen, Schutzzeichen,
DIN 40013 Schutzartenzeichen für Installationsgeräte,
DIN 40430 Stahlpanzerrohrgewinde, Gewindeform,
DIN 46200 Anschlußbolzen, Konstruktionsblatt,
DIN 46206 Anschlußklemmen,
DIN 46211 Kabelschuhe,
DIN 49033 Abzweig- und Verbindungsdosen[2]),
DIN 49035 Hauptleitungsabzweigkästen[2]),
DIN 49040 Stopfbuchsverschraubungen aus Metall,
DIN 49041 Stopfbuchsverschraubungen aus Isolierpreßstoff.

b) Die in den Normblättern nach a) mit einem Stern gekennzeichneten Maße und Angaben müssen eingehalten werden.

c) Nicht genormte Ausführungen und Bauteile dürfen mit genormten nicht verwechselbar sein, wenn hierdurch die Sicherheit beeinträchtigt wird.

§ 8

Allgemeine Bauvorschriften

a) Teile aus nichtkeramischen, gummifreien Isolierpreßstoffen müssen aus einem vom Staatlichen Materialprüfungsamt, Berlin-Dahlem, überwachten Typ bestehen.

b) Schrauben, die Kontakt vermitteln, müssen aus Metall bestehen und in metallenes Muttergewinde eingreifen.

c) Bei Befestigungen in Isolierstoff-Muttergewinde muß das ordnungsmäßige Eingreifen des Schraubengewindes in das Isolierstoff-Muttergewinde beim Einsetzen der Schraube gewährleistet sein. Diese Forderung gilt als erfüllt, wenn z. B. ein übermäßiges Schiefstellen der Schraube vor dem Anziehen durch eine Führung in dem zu befestigenden Teil verhindert wird oder durch eine Einsenkung des Muttergewindes oder durch einen Führungszapfen an der Schraube selbst das richtige Eingreifen des Muttergewindes erleichtert wird.

d) Schrauben und Muttern, die beim Einbau und Anschluß von Leitungen bedient werden müssen, dürfen nicht zum Befestigen von unter Spannung stehenden Teilen dienen, wenn durch deren Lageänderung die Kriech- und Luftstrecken nach § 10 unterschritten werden oder die Wirkungsweise beeinträchtigt wird.

e) Kontaktflächen müssen elektrisch gut leitend und so beschaffen sein, daß ein die Sicherheit beeinträchtigendes Ansteigen des Kontaktwiderstandes, z. B. durch Oxydbildung, verhindert wird.

f) Um die Isolierung der Leitungen nicht zu gefährden, dürfen Kanten keinen Grat haben.

§ 9

Leitungsanschlüsse

a) Klemmen für eindrähtige Leiter müssen VDE 0608 „Leitsätze für Klemmen zum Anschluß von eindrähtigen Aluminiumleitern mit Querschnitten bis 16 mm²" entsprechen.

b) Klemmen müssen als Schraubklemmen ausgebildet sein, die nur mittels Werkzeug bedienbar sind.

c) Klemmen müssen so beschaffen sein, daß die Leitungen mit genügendem Kontaktdruck ohne unzulässige Beschädigung der Leiter oder der Unterlage angeschlossen werden können.

Das Ausweichen der Leiter muß zuverlässig verhindert sein.

d) Die Klemmen der Klemmensockel, Dosen und Hauptleitungsabzweigkästen müssen von vorn bedient werden können und auch nach Befestigen des Sockels zugänglich bleiben (gilt nicht für außenliegende Schutzleitungsklemmen). Die Lage der Leitungen darf sich beim Anziehen der Schrauben nicht unzulässig ändern.

e) Die Geräte müssen so eingerichtet sein, daß Leitungen ohne besonderes Zurichten (z. B. Biegen einer Öse) angeschlossen werden können.

Die Verwendung von Kabelschuhen ist zulässig.

f) Für den Klemmbereich gilt Tafel I. Bezüglich Leuchtenklemmen und Leuchtendosen siehe § 9 h), bezüglich Hauptleitungsabzweigkästen siehe § 15 i).

Tafel I

1	2	3	4	5	6	7	8
Nennquerschnitt der Klemme	Anzahl der unter eine Klemme zu klemmenden Leiter bei einem Leiterquerschnitt von						
mm²	1 mm²	1,5 mm²	2,5 mm²	4 mm²	6 mm²	10 mm²	16 mm²
2,5	1 … 4	1 … 4	1 … 3	1 … 2	—	—	—
6	—	—	1 … 4	1 … 4	1 … 3	1 … 2	—
10	—	—	—	1 … 4	1 … 4	1 … 3	—
16	—	—	—	—	1 … 4	1 … 4	1 … 4

[2]) In Vorbereitung.

Eine Unterteilung der Klemmen auf mehrere Klemmstellen, die leitend miteinander in Verbindung stehen, ist zulässig und muß erkennbar sein.

Bei Verbindungsdosen mit höchstens zwei Leitungseinführungen brauchen die Klemmen nur zwei, bei Abzweigdosen mit höchstens drei Leitungseinführungen nur drei Leiter des Nennquerschnittes zu klemmen.

g) Bei offenen Schlitz- und Maulklemmen von 10 mm² Nennquerschnitt aufwärts muß jede Klemmstelle, die mehr als einen Leiter zu klemmen hat, mindestens zwei Schrauben zur Befestigung der Leiter haben.

h) Die Klemmen der Leuchtenklemmen und Leuchtendosen müssen den Anschluß eines Leiters mit einem Querschnitt von 0,75 mm² ermöglichen.

i) Innenklemmen für den Anschluß von Schutzleitern für Erdung, Nullung oder Schutzschaltung müssen so bemessen sein, daß alle in die Dosen und Kästen einzuführenden Schutzleiter angeschlossen werden können. Für Beidrähte ist eine besondere Klemme vorzusehen. Eine Unterteilung der Klemmen auf mehrere Klemmstellen, die leitend miteinander in Verbindung stehen müssen, ist zulässig und muß erkennbar sein.

Außenliegende Klemmen für die Schutzleitung müssen für den Anschluß von mindestens 4 mm² Leiterquerschnitt bemessen sein.

k) Klemmen müssen den mechanischen Beanspruchungen beim normalen Gebrauch gewachsen sein.

Zusätzliche Vorrichtungen, die das Aufbiegen der Klemmen verhindern, z. B. Spannringe, müssen unverlierbar sein.

e) Leuchtendosen müssen so gebaut sein, daß die Anschlußstelle der Leitung von Zug entlastet, die Leitungsumhüllung gegen Abstreifen und die Leitungsadern gegen Verdrehen gesichert werden können. Die Art der Ausführung der Zugentlastung muß leicht erkennbar sein. Teile der Vorrichtung für die Zugentlastung und den Verdrehungsschutz dürfen nicht unter Spannung stehen. Lose eingelegte Teile zur Herstellung der Zugentlastung und des Verdrehungsschutzes sind unzulässig.

§ 10

Kriech-, Luftstrecken und Abstände

a) Die Kriech- und Luftstrecken bzw. Abstände nach Tafel II dürfen nach ordnungsmäßigem Anschluß der Leitungen des größtzulässigen Querschnitts nach § 9 f) nicht unterschritten werden:

Tafel II

Nennspannung V	380	500	750
1. Kriechstrecken zwischen unter Spannung stehenden Teilen verschiedener Polarität. . . . . mm	10	10	15
2. Sonstige Kriechstrecken . . . . mm	3	5	8
3. Luftstrecke unter Spannung stehender Teile gegen Metallabdeckungen und Metallgehäuse, falls diese nicht isoliert ausgekleidet sind . . . . . mm	6	10	12
4. Sonstige Luftstrecken . . . . mm	3	4	6
5. Abstand unter Spannung stehender Teile, die mit Vergußmasse abgedeckt sind, gegen die Wand oder Metallabdeckung und Metallgehäuse, wobei die Schichtdicke mindestens 2,5 mm betragen muß . . . . mm	4	5	7

b) Die Kriech- und Luftstrecken müssen auch gegenüber den Befestigungsschrauben für den Sockel eingehalten werden, und zwar unter Berücksichtigung von Schrauben nach DIN 84.

§ 11

Berührungsschutz

a) Unter Spannung stehende Teile (außer bei Klemmensockeln) müssen im Gebrauchszustand des Gerätes der zufälligen Berührung entzogen sein.

b) Lackierung, Emaillierung und Oxydierung von Metallteilen gilt nicht als Isolierung im Sinne des Berührungsschutzes.

c) Abdeckungen dürfen nur mittels Werkzeug entfernbar, ihre Befestigungsmittel müssen von unter Spannung stehenden Teilen isoliert sein.

d) Metallgehäuse und -abdeckungen in geschützter oder abgedichteter Ausführung müssen zum Anschluß einer Schutzleitung eingerichtet sein, die innen und außen am Gehäuse angeschlossen werden kann.

Geräte für Nennspannungen unter 500 V können statt dessen mit einer haltbaren Isolierschicht ausgekleidet sein, die den Prüfungen nach §§ 17 und 20 genügen muß.

e) In die Wand einzulassende Gehäuse aus Metall sind ohne Schutzleitungsanschluß zulässig, wenn ihre Vorderseite mit Isolierstoff abgedeckt ist.

f) Dosen und Kästen aus Isolierstoff in geschützter sowie abgedichteter Ausführung müssen im Innern eine Schraubklemme zur Verbindung der Schutzleitungen haben.



§ 12

Dosen in abgedeckter Ausführung

a) Einführungsstellen müssen dem jeweils in Frage kommenden größten Rohrdraht- bzw. Installationsrohr-Durchmesser*) angepaßt sein. Die Einführungsstellen müssen so ausgebildet sein, daß durch Einführen der metallenen Umhüllungen die vorgeschriebenen Kriech- und Luftstrecken nicht unterschritten werden.

b) Bei Aufputzdosen müssen Einführungsstellen verschlossen oder durch im Gebrauchszustand unverlierbare Mittel verschließbar sein.

c) Der Klemmenträger muß unabhängig von der Befestigung der Abdeckung befestigt werden können.

d) Abzweigdosen aus getränkter Papiermasse müssen eine haltbare Metallumkleidung haben.

Die Papiermasse muß der der zugehörenden Rohre entsprechen (siehe VDE 0605).

Metallstutzen müssen mit der metallenen Umkleidung fest verbunden sein und eine Länge von mindestens 15 mm haben.

e) Der Klemmenträger darf in Dosen aus getränkter Papiermasse nicht befestigt sein.

f) Lose eingelegte Klemmenträger müssen so gestaltet sein, daß nach dem Anschluß der Leitungen eine Berührung unter Spannung stehender Teile mit der Dose oder dem Deckel verhindert ist und die Kriech- und Luftstrecken nach § 10 eingehalten werden.

Bei aufgesetztem Deckel dürfen im Innern der Dose keine metallenen Stellen freiliegen.

§ 13

Dosen in geschützter Ausführung

a) Löcher zur Befestigung der Dosen an der Wand dürfen nicht innerhalb des Dosenraumes liegen.

b) Dosen aus Metall mit getränkter Papierauskleidung müssen im Innern mindestens ebenso isolierend ausgekleidet sein wie die Rohre.

Bei Bemessung der Kriech- und Luftstrecken gilt eine Auskleidung mit getränkter Papiermasse nicht als Isolierung. Die Auskleidung der Deckel muß auf ihrer Innenseite zuverlässig haften.

Bei aufgesetztem Deckel dürfen im Innern der Dose keine metallenen Stellen freiliegen.

c) Der Klemmenträger darf in Dosen aus Metall mit getränkter Papierauskleidung nicht befestigt sein.

d) Der Klemmenträger muß so gestaltet sein, daß nach dem Einlegen eine Berührung unter Spannung stehender Teile mit der Dose oder dem Deckel verhindert wird und Kriech- und Luftstrecken nach § 10 eingehalten werden.

e) Bei Dosen und Hauptleitungsabzweigkästen muß das Anbringen einer Ablauföffnung von etwa 5 mm Durchmesser für Kondenswasser möglich sein.

§ 14

Dosen in abgedichteter Ausführung

a) Die Leitungseinführungsstellen müssen so ausgebildet sein, daß alle einzuführenden kabelähnlichen Leitungen einwandfrei über der äußeren unverletzten Schutzhülle abgedichtet werden können.

b) Ausbrechbare Leitungseinführungen im Gehäuseboden und im Deckel sind unzulässig. Durch unbenutzte Einführungsstellen mit ausbrechbaren Wänden darf die Dichtung nicht gefährdet werden.

Die Wanddicke des Gehäuses oder Deckels darf bei Dosen aus Isolierpreßstoff an keiner Stelle 2 mm unterschreiten. Ausbrechbare Wände müssen mindestens 1 mm Wanddicke haben.

c) Deckelbefestigungsschrauben müssen mindestens Gewinde M 4 haben. Feststellschrauben gelten nicht als Befestigungsschrauben.

d) Schrauben und Gewindelöcher, die durch die Gehäusewand hindurchtreten, sind unzulässig.

e) Gehäuse müssen so ausgeführt sein, daß bei Montage an senkrechter Wand Niederschläge sich nicht rückseitig ansammeln können.

f) Einzelklemmen müssen im Gehäuse befestigt sein.

g) Sind die Strom führenden Klemmen auf einer gemeinsamen isolierenden Unterlage angeordnet, so wird eine Befestigung des Klemmenträgers in der Dose nicht gefordert. Die Luftabstände und Kriechstrecken nach § 10 müssen auch bei lose eingesetztem Klemmenträger sichergestellt und das ordnungsmäßige Einführen und Anschließen der Leitungen gewährleistet sein.

*) Siehe DIN 49048 und 49049 (in Vorbereitung).

h) Dosen zum Übergang von kabelähnlicher Leitung auf Kabel mit Papierisolierung müssen an der Kabeleinführungsseite das ordnungsmäßige Abstufen, Aufteilen sowie Vergießen des einzuführenden Kabels gemäß DIN 47699 ermöglichen.

§ 15

Hauptleitungsabzweigkästen

a) Hauptleitungsabzweigkästen ohne und mit Sicherungen müssen plombierbar sein.

b) Bei Abdeckungen aus Metall muß dafür gesorgt sein, daß unter Spannung stehende Teile auch während des Aufsetzens und Abnehmens der Metallabdeckung durch diese nicht berührt werden können. Hierbei müssen Abdeckung und isolierende Zwischenlage voneinander so abhängig sein, daß das ordnungsmäßige Befestigen der Abdeckung erst nach Anbringen der isolierenden Zwischenlage auf dem Klemmenträger möglich ist.

c) Die Klemmen des Hauptleitungsabzweigkastens müssen während und nach der Montage in ihrer Lage zueinander gesichert sein; eine Sicherung gegen Lageänderung durch die Leitungen allein genügt nicht.

d) Bei Hauptleitungsabzweigkästen müssen nicht benutzte Öffnungen geschlossen oder durch geeignete Vorrichtungen verschließbar sein, deren Beseitigung erst nach Entfernen des Deckels möglich sein darf. Es ist zulässig, an Stelle von Öffnungen an den Abdeckungen geschwächte Stellen in den Wandungen anzubringen, die zur Einführung der Leitungen nachträglich entfernt werden können. Die Abzweigkästen müssen so eingerichtet sein, daß nach Entfernen eines Abzweiges die Öffnung mit einfachen Mitteln wieder verschließbar ist.

e) Hauptleitungsabzweigkästen müssen so gestaltet sein, daß eine unbeabsichtigte leitende Verbindung zwischen benachbarten Klemmen oder zwischen einer Klemme und Metallgehäuseteilen durch ein Werkzeug ausgeschlossen ist. Die Vorschrift gilt als erfüllt, wenn ein an eine Klemme angelegter und um 30° gegen die Schraubenachse geneigter Schraubenzieher mit einem Metallteil anderen Potentials nicht in Berührung kommen kann (Bild 1).

Bild 1.

f) Die Abzweigkästen müssen räumlich so eingerichtet sein, daß abgeklemmte Leitungsenden so untergebracht werden können, daß Berührung mit Metallteilen vermieden wird.

g) Die Klemmen der Abzweigkästen müssen den Anschluß von ungeschnittenen und geschnittenen Hauptleitungen gestatten.

h) Der Anschluß der Abzweigleitungen muß ohne Biegen der Abzweigleitungen möglich sein.

i) Die Klemmen der Hauptleitungsabzweigkästen müssen das gradlinige Einlegen von Leitungen ohne besondere Zurichtung gestatten; die Verwendung von Kabelschuhen ist zulässig.

Bei offenen Schlitzklemmen von 10 mm² Nennquerschnitt aufwärts muß jede Klemmstelle mindestens zwei Schrauben zur Befestigung der Leiter haben. Zusätzliche Vorrichtungen, die das Aufbiegen der Klemmen verhindern sollen, z. B. Spannringe u. dgl., müssen unverlierbar mit der Klemme verbunden sein.

k) Die Klemmenschrauben müssen für die Nennquerschnitte 6 und 16 mm² mindestens Gewinde M 5 (M 8), für den Nennquerschnitt 35 mm² mindestens Gewinde M 8 (M 10) und für den Nennquerschnitt 70 mm² mindestens Gewinde M 10 (M 12) haben. Die eingeklammerten Maße gelten für die Gewindestifte von Schlitzklemmen. Die angegebenen kleinsten Gewinde gelten nicht für Schellenanschlußklemmen.

l) Die Klemmen der Hauptleitungsabzweigkästen müssen so bemessen sein, daß Haupt- und Abzweigleitungen von gleichem Querschnitt angeschlossen werden können, falls nicht die Abzweigkästen mit Sicherungen für die Abzweigleitungen versehen sind. An jede Klemme müssen Haupt- und Abzweigleitungen unabhängig voneinander angeschlossen werden können. Das gleiche gilt für die Enden geschnittener Hauptleitungen.

m) Zur Befestigung der Hauptleitungsabzweigkästen an der Wand dienende Schrauben dürfen erst nach Entfernen der Abdeckung zugänglich sein.



IV. Prüfung

§ 16

Reihenfolge und Bewertung der Prüfungen

a) Die Prüfungen nach §§ 17 bis 19 sind aneinander anschließend an 4 Prüflingen in der Reihenfolge der Paragraphen vorzunehmen. Die Prüfung gilt als bestanden, wenn von den 4 Prüflingen mindestens 3 die Prüfung bestehen.

Die Prüfung nach §§ 20 und 21 ist an einem 5. und 6. Prüfling auszuführen.

b) Nach den Prüfungen darf die Sicherheit nicht beeinträchtigt sein, z. B. dürfen sich keine Teile gelockert haben, müssen Maße für Kriech- und Luftstrecken beibehalten und Leitungen unbeschädigt sein.

§ 17

Isolation

a) Klemmensockel, Dosen und Hauptleitungsabzweigkästen ohne Abdeckung und in abgedeckter Ausführung

Die Prüflinge sind bei offenen Leitungseinführungen mindestens 4 h bei einer Temperatur von 20+5°, danach 24 h bei einer Temperatur von 30±2° und einer relativen Luftfeuchtigkeit von etwa 90% zu lagern. Die Luftfeuchtigkeit ist nach VDE 0308 (spezifisches Gewicht der Lösung 1,12+0,5%) zu erzeugen. Der Abstand der Prüflinge von den Wänden und der Decke des Prüfraumes muß mindestens 75 mm betragen.

Unmittelbar nach dem Lagern ist eine praktisch sinusförmige Wechselspannung von 50 Per/s und

2000 V (Effektivwert) bei 380 V Nennspannung,
2500 V ,, ,, 500 V ,,
3000 V ,, ,, 750 V ,,

1 min an die zu prüfenden Teile zu legen.

Zur Prüfung ist ein Transformator mit einer Nennleistung von mindestens 100 VA zu benutzen. Die Spannung ist vom halben Wert zum Endwert stetig oder in einzelnen Stufen von je etwa 5% der Endspannung zu steigern.

Die Prüfspannung ist anzulegen:

zwischen unter Spannung stehenden Teilen einerseits und den Befestigungsschrauben, dem Metallgehäuse oder, falls das Gehäuse nicht aus Metall besteht, einer unter das Gerät bzw. den Klemmenträger gelegten Metallplatte anderseits,
zwischen Pol und Pol,
bei ausgekleidetem Metallgehäuse zwischen dem Metallgehäuse und einem über die Auskleidung gelegten Metallbelag.

Bei der Prüfung darf weder Durchschlag noch Überschlag auftreten.

Der Ableitstrom darf folgende Werte nicht überschreiten:

1,00 mA bei einer Prüfspannung von 2000 V,
1,25 mA ,, ,, ,, ,, 2500 A,
1,50 mA ,, ,, ,, ,, 3000 V.

b) Dosen und Hauptleitungabzweigkästen in geschützter Ausführung

Nach Verschließen der Öffnungen für die Einführung der Leitungen oder Rohre sind die Dosen und Kästen in der Gebrauchslage wie folgt zu prüfen:

Auf den Prüfling ist nach VDE 0470/V. 41, § 5, eine Wassermenge von 9 l, und zwar 3 l je Stunde, aus einer Fallhöhe von 15 cm tropfen zu lassen.

Nach dieser Beanspruchung darf keine Feuchtigkeit in das Innere des Prüflings gelangt sein.

Danach sind die Dosen und Kästen nach a) zu prüfen.

c) Dosen und Kästen in abgedichteter Ausführung

Die Dichtmittel sind vor der Prüfung in einem Wärmeschrank in umlaufender Luft aufzuhängen und 10×24 h ununterbrochen einer Temperatur von 70±2° und anschließend 16 h der Raumtemperatur auszusetzen.

Die Öffnungen für die Einführung der Leitungen sind unter Benutzung der zugehörigen Dichtungsringe abzudichten. An Stelle von Leitungen sind Metallbolzen mit einem Durchmesser gleich dem größten Leitungsaußendurchmesser, für den die Leitereinführungsöffnung bemessen ist, zu verwenden.

Schraubbuchsen der Stopfbuchsverschraubungen nach DIN VDE 49040 und 49041 sind mit einem Drehmoment von

50 kgcm bei Stopfbuchsverschraubungen für den Anschlußbereich der Einführungsöffnungen bis 20 mm,
75 kgcm bei Stopfbuchsverschraubungen für den Anschlußbereich der Einführungsöffnungen über 20 mm

anzuziehen.

Bei andersartiger Ausführung der Abdichtung an den Leitungseinführungsstellen ist die Abdichtung durch Probemontage zu prüfen.

Bei dieser Prüfung sind die Stopfbuchsen nicht auszukitten.

Die Deckelbefestigungsschrauben (Kopfschrauben) sind mit ²/₃ der Drehmomente nach § 19 h), Tafel IV, anzuziehen.

Schraubdeckel sind mit einem Drehmoment von 80 kgcm aufzuschrauben.

Die Prüflinge sind 24 h in der Gebrauchslage so unter Wasser von 20 ± 5° zu setzen, daß sie etwa 5 cm vom Wasser überdeckt sind.

Nach dieser Beanspruchung darf keine Feuchtigkeit in das Innere der Prüflinge gelangt sein.

Danach sind die Geräte nach a) zu prüfen.

§ 18

Berührungsschutz

Nach VDE 0470/V. 41, § 3, ist mit einem Prüfgerät (Ausführung A) festzustellen, ob eine zufällige Berührung unter Spannung stehender Teile nicht möglich ist. Die Prüfung ist an Klemmensockeln ohne Abdeckung nicht durchzuführen.

§ 19

Mechanische Sicherheit

a) Zur Feststellung der Sicherheit gegen Herausdrehen ist die Klemme in Drehrichtung mit einem Drehmoment von

15 kgcm bei 2,5 mm² Nennquerschnitt
20 kgcm ,, 6 bis 16 mm² ,,
40 kgcm ,, 35 mm² ,,
40 kgcm ,, 70 mm² ,,

1 min zu belasten, wobei aber jede biegende Beanspruchung zu vermeiden ist. Danach darf sich die Klemme nicht gelockert haben und der Klemmenträger nicht beschädigt sein.

b) Zur Feststellung gegen Herausreißen ist in die Klemme unmittelbar nach Behandlung der Prüflinge nach a) ein Draht einzulegen und in Richtung der Mittelachse der Klemme bei Klemmen bis 16 mm² mit 5 kg, über 16 mm² mit 10 kg 1 min auf Zug zu beanspruchen. Danach darf sich die Klemme nicht gelockert haben und der Klemmenträger nicht beschädigt sein.

c) Die Befestigungsschrauben für Abdeckungen sind bei abgedeckten und geschützten Dosen mit ½ und bei abgedichteten Dosen mit ²/₃ der Werte nach g), Tafel IV, Schraubdeckel mit 80 cmkg anzuziehen. Für Stopfbuchsverschraubungen von abgedichteten Dosen gelten die Angaben in § 17 c). An Stelle von Leitungen sind Metallbolzen mit einem Durchmesser gleich dem größten Leitungsaußendurchmesser, für den die Leitereinführungsöffnung bemessen ist, zu verwenden.

d) Die Prüfung auf mechanische Haltbarkeit ist nach VDE 0470/V. 41, § 7 (Aufschlagstück a) durchzuführen. Dabei sind die Aufputz-Dosen sowie -Hauptleitungsabzweigkästen (mit Abdeckung und ordnungsmäßig ausgebrochener größter Einführungsöffnung) an einer Hartholzpyramide oder -platte nach Bild 2 zu befestigen. Unterputz-Dosen und -Hauptleitungsabzweigkästen auf eine Hartholzplatte nach Bild 3 aufzulegen.

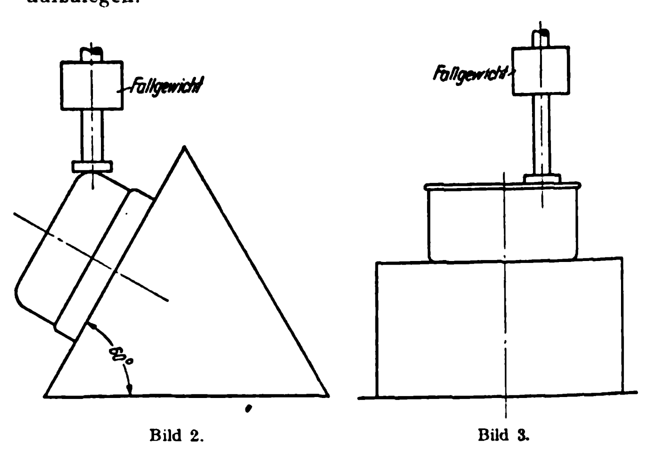


Bild 2. Bild 3.

Bei Aufputz-Dosen sowie -Hauptleitungsabzweigkästen sind 4 Schläge auf den Prüfling, und zwar je ein Schlag an vier auf den Umfang möglichst gleichmäßig verteilten Stellen auszuführen.

Bei Unterputz-Dosen und -Hauptleitungsabzweigkästen sind vier Schläge auf die Abdeckplatte innerhalb des Umfanges des Gehäuses möglichst gleichmäßig verteilt auszuführen.

Gewichte und Fallhöhen siehe Tafel III.

Tafel III

1		2	3
Schutzart		Gewicht g	Fallhöhe cm
A abgedeckt	auf Putz	150	15
	unter Putz	150	15
B geschützt	auf Putz	250	25
	unter Putz	250	15
C abgedichtet	auf Putz	250	50

e) Nach der Prüfung dürfen unter Spannung stehende Teile nicht freigelegt (Prüfung nach VDE 0470/V. 41, § 3) und Schäden, die die Brauchbarkeit der Dosen und Kästen beeinträchtigen könnten, nicht aufgetreten sein.

Treten an den Abdeckungen Sprünge oder Risse auf, die die Sicherheit nicht beeinträchtigen, so ist die Prüfung mit derselben Abdeckung einmal zu wiederholen, wobei dann keine unter Spannung stehenden Teile freigelegt werden dürfen.

f) Bei Dosen mit Einführungsstutzen für Falz- und Steckrohre muß verhindert sein, daß der Metallmantel der Rohre durch den Einführungsstutzen hindurch in das Innere der Dosen eingeführt werden kann. In die Einführungsstutzen ist senkrecht von oben ein der Schutzart der Dose und Größe des Stutzens entsprechendes Rohrstück einzuführen und mit dem Gewicht eines Rohres in Fabrikationslänge zu belasten. Der an der Einführungsstelle erforderliche Anschlag muß diese Belastung aushalten; das Rohr darf nicht in das Innere der Dose durchgedrückt werden.

Dosen mit Einführungsstutzen müssen den im Gebrauch auftretenden Biegebeanspruchungen der Einführungsstutzen gewachsen sein. Zur Prüfung ist in den Einführungsstutzen ein der Größe des Stutzens entsprechendes Rohrstück von 0,9 m waagerecht einzusetzen. Mit dieser Belastung ist die Einführungsstelle in 6 um 60° gegeneinander versetzten Ebenen je 1 min zu prüfen. Nach dieser Beanspruchung darf der Prüfling keine den Gebrauch beeinträchtigenden Beschädigungen aufweisen.

g) Die mechanische Festigkeit der Befestigungs- und der Kontaktschrauben, die beim Anschließen der Zuleitung betätigt werden müssen, ist wie folgt zu prüfen:

Kontaktschrauben oder Muttern sind, nachdem drei dem Nennquerschnitt der Klemme entsprechende Leitungen angeschlossen sind, unter Verwendung eines Schraubenziehers nach DIN 5270 oder eines passenden Schlüssels fünfmal mit dem aus Tafel IV ersichtlichen Drehmoment anzuziehen und wieder zu lösen.

Gewindestift-Kontaktschrauben, die bei der größten Drahtaufnahme der Klemme nicht vollkommen eingebettet liegen und somit das Ansetzen eines größeren Schraubenziehers ermöglichen, sind wie Kopfschrauben zu prüfen. Für Mantelklemmen ist das Drehmoment derjenigen Kopfschraube zu wählen, deren Schraubenzieher-Schlitzlänge dem Schlitz der Mantelklemme am nächsten kommt.

Tafel IV.

1	2	3	4	5	6
Gewindedurchmesser mm	Drehmoment in kgcm				
	Schlitzschrauben und Schaftschrauben	Gewindestifte	Sechskantschrauben, Sechskantmuttern	Mantelklemmen	Schlitzschrauben aus Isolierstoff*)
2,6	4	3	4	—	—
3	5	4	5	—	—
3,5	8	5,5	8	—	—
4	12	7	12	—	—
5	20	10	20	—	—
6	25	14	25	14	5
8 und darüber	35	18	35	21	12

*) sofern die Schlitzlänge im Schraubenkopf nicht größer als der Gewindedurchmesser ist.

Bei der Prüfung dürfen keine für die weitere Verwendung der Klemme bzw. Schraube nachteiligen Folgen entstehen (wie z. B. das Ausspreizen des Schraubenkopfes oder des Gewindes, das Auseinanderspreizen der Klemme, Lösen oder Lockerwerden der Klemme auf ihrer Befestigungsunterlage, Verformung oder Beschädigung der Führung loser Klemmen.

h) Schrauben und Muttern, die bei der Montage zu bedienen sind, sind unter Verwendung eines Schraubenziehers nach DIN 5270 oder eines passenden Schlüssels fünfmal mit dem aus g), Tafel IV, ersichtlichen Drehmoment anzuziehen und wieder zu lösen. Befestigungen in Isolierstoff-Muttergewinde müssen ein 10-maliges Festziehen mit $^2/_3$ der Drehmomente nach Tafel IV und vollständiges Lösen aushalten. Bei Schrauben, deren Muttergewinde aus Isolierstoff besteht, ist die Schraube jedesmal herauszuschrauben.

Dabei dürfen keine für die Verwendung des Prüflings nachteiligen Veränderungen entstehen (z. B. Ausspreizen des Schraubenkopfes oder des Gewindes, Beschädigung des Gewindes). Bei Muttergewinde aus Isolierstoff darf das Muttergewinde nicht derart beschädigt sein, daß das richtige Einführen der Schrauben in das Muttergewinde in Frage gestellt ist.

i) Zur Prüfung der mechanischen Festigkeit von Leuchtenklemmen sind die Schrauben fünfmal nacheinander mit einem Drehmoment von 3 kgcm anzuziehen und wieder zu lösen. Hierzu wird in die Klemme ein Leiter mit einem Querschnitt von 2,5 mm² angeschlossen. Bei dieser Prüfung dürfen keine für die Verwendung des Prüflings nachteiligen Veränderungen entstehen.

§ 20

Wärmesicherheit

a) Klemmensockel und Klemmenträger sind 20 h bei 100°,
Dosen und Kästen 1 h bei 70°,
Dosen mit Papierauskleidung 10 min bei 70°

in der ungünstigsten Gebrauchslage zu lagern und darauf auf etwa Raumtemperatur abzukühlen. Vergußmasse darf nicht so flüssig geworden sein, daß die abgedeckten unter Spannung stehenden Teile freigelegt sind; geringe Lageveränderungen der Vergußmasse sind nicht zu beanstanden. Kitt- und Tränkmasse darf nicht zur Tropfenbildung kommen, Isolierauskleidungen dürfen sich nicht lösen.

§ 21

Rostschutz

a) Metalldosen und Metallkästen mit Auskleidung müssen außen, Metalldosen ohne Auskleidung außen und innen einen rostschützenden Überzug haben.

b) Verbleiung als Rostschutz.

1. Gewichtsmenge

Das Bleigewicht muß auf der Außenseite mindestens 2,5 g/dm² sein.

Zur Feststellung der Gewichtsmenge der Verbleiung ist ein gerade gerichtetes Probestück über einer Bunsenflamme zu erwärmen, bis das Blei flüssig wird, das mit einem Pinsel abzustreifen ist. Der Gewichtsverlust ist festzustellen.

2. Gleichmäßigkeit der Bleischicht

Um Fehler oder mechanische Verletzungen der Bleiauflage festzustellen, müssen Probestücke zunächst mit Benzin gründlich entfettet und deren Schnittflächen paraffiniert werden. Die Probestücke werden mehrfach in weißes Fließpapier gewickelt, das vorher in ein frisch hergestelltes Gemisch von

3 Teilen 1%iger Lösung von rotem Blutlaugensalz in Wasser und
1 Teil 1%iger Lösung Ammoniumpersulfat in Wasser

getaucht wurde. Zulässige Blaufärbung nach einer Prüfdauer von 5 min bis Rostgrad R_2 nach DIN DVM 3210 (Anstrichfarben).

c) Aluminiumüberzug als Rostschutz.

1. Gewichtsmenge

Das Aluminiumgewicht muß auf der Außenseite mindestens 0,20 g/dm² sein.

Zur Feststellung der Gewichtsmenge des Aluminiumüberzuges wird ein gerade gerichtetes Probestück auf der Innenseite mit einem gegen Ätznatron unempfindlichen Schutzanstrich versehen. Der Prüfling wird so lange in ein Bad von etwa 10 Gewichtsteilen Ätznatron und 90 Gewichtsteilen Wasser getaucht, bis keine Blasen mehr aufsteigen. Hierauf wird der Prüfling abgespült und getrocknet. Das Gewicht des Aluminiumüberzuges wird durch Wägen des Prüflings vor und nach der Behandlung festgestellt.

2. Gleichmäßigkeit der Aluminiumschicht

Die Prüfung ist wie unter b) 2 vorzunehmen, jedoch ist für die Entfettung statt Benzin Äther zu verwenden.

d) Lackierung oder sonstiger Überzug als Rostschutz.

Die Probestücke müssen zunächst gründlich entfettet werden. Danach ist die Prüfung auf Gleichmäßigkeit des Rostschutzes in gleicher Weise wie unter b) 2 vorzunehmen.

Vorschriften für Lampenfassungen und Lampensockel bis 750 V

DK 621.329.1(083.133)

VDE 0616/V.41

Inhaltsübersicht

I. Gültigkeit

§ 1

Geltungsbeginn

Diese Vorschriften treten am 1. Juli 1941 in Kraft[1]).

Für die Herstellung gelten daneben die bisherigen Vorschriften VDE 0610/XII. 40 und 0615/1929 bis zum 31. Dezember 1942.

Für die Verwendung bleiben solche Erzeugnisse, die bis zu diesem Termin nach früheren VDE-Bestimmungen fertiggestellt sind, auch weiterhin zulässig, wenn ihre Verwendung nicht ausdrücklich durch eine VDE-Vorschrift für unzulässig erklärt ist.

§ 2

Geltungsbereich

a) Diese Vorschriften gelten für die nachstehend genannten Lampenfassungen und Lampensockel zur Verwendung in Anlagen für allgemeine Beleuchtungszwecke mit Betriebsspannungen über 42 V bis 750 V und für Nennströme bis 30 A:

Schraubfassungen und -sockel E 14, E 27 und E 40
Bajonettfassungen und -sockel B 15 und B 22
Soffittenfassungen und -sockel S 15 und S 19.

b) Sonderausführungen von Lampenfassungen und Lampensockeln, z. B. Einbaufassungen für Scheinwerfer und Bildwerfer, unterliegen nicht diesen Vorschriften.

c) Fassungen E 10 und Lampensockel E 10 unterliegen nicht diesen Vorschriften.

d) Für Fassungen und Sockel in Christbaumbeleuchtungen gilt VDE 0715 „Vorschriften für Christbaum-Beleuchtungen".

e) Für schlagwettergeschützte Fassungen gilt VDE 0170 „Vorschriften für die Ausführung schlagwettergeschützter elektrischer Betriebsmittel".

f) Für explosionsgeschützte Fassungen gilt VDE 0171 „Vorschriften für die Ausführung explosionsgeschützter elektrischer Betriebsmittel".

II. Begriffe

§ 3

a) Lampenfassungen im Sinne dieser Vorschriften sind Verbindungsglieder zwischen Lichtquelle und Stromkreis; Fassungen mit besonderen Umhüllungen (Kaschierungen) oder Anbauten mit Schutzglas oder Reflektor oder mit beiden gelten als Leuchten.

b) Nennspannung ist die Spannung, für die die Lampenfassungen und Lampensockel gebaut und benannt sind.

c) Nennstrom ist der Strom, für den die Lampenfassungen und Lampensockel gebaut und benannt sind.

d) Kriechstrecke ist der kürzeste Weg längs der Oberfläche eines Isolierteils
zwischen unter Spannung stehenden Teilen oder
zwischen unter Spannung stehenden Teilen einerseits und Erde oder der Berührung zugänglichen Stellen und Metallteilen anderseits.

e) Luftstrecke ist der kürzeste Luftabstand
zwischen unter Spannung stehenden Teilen oder
zwischen unter Spannung stehenden Teilen einerseits und Erde oder der Berührung zugänglichen Stellen und Metallteilen anderseits.

f) Isolierstoff ist der Sammelbegriff für alle isolierenden Werkstoffe, wie z. B. keramische Isolierstoffe, nichtkeramische Isolierpreßstoffe, Glimmer, Hartpapier usw.

g) Hinsichtlich der Schutzart werden unterschieden:

Schutzart A: Abgedeckte Ausführung (nicht wassergeschützt),
„ B: Geschützte Ausführung (tropfwassergeschützt),
„ C: Abgedichtete Ausführung (mit abgedichtetem Anschlußraum).

III. Bestimmungen

§ 4

Aufschriften

a) Nachstehende Aufschriften müssen dauerhaft und gut leserlich angebracht sein:

Ursprungszeichen
Nennstrom
Nennspannung
Bezeichnung der Schutzart [siehe § 3 g)]:
Geschützte Ausführung (Kurzzeichen 💧 nach DIN 40013)
Abgedichtete Ausführung (Kurzzeichen 💧💧 nach DIN 40013).

Werden Abkürzungen verwendet, so ist der Nennstrom mit A, die Nennspannung mit V zu bezeichnen, oder es sind nur Zahlenwerte anzugeben, wobei der Zahlenwert für den Nennstrom vor oder über demjenigen für die Nennspannung stehen muß und von diesem durch einen Strich zu trennen ist.

Die Bezeichnung kann also z. B. sein:

$$4\ \text{A}\ 250\ \text{V oder}\ 4/250\ \text{oder}\ \frac{4}{250}.$$

b) An Soffittenfassungen müssen Kennmarken mit Angaben über den Abstand der zu einer Lampe gehörenden beiden Fassungen angebracht sein.

c) Isolierteile aus nichtkeramischen, gummifreien Isolierpreßstoffen nach VDE 0320 müssen, soweit es technisch ausführbar ist, das vom Staatlichen Materialprüfungsamt, Berlin-Dahlem, erteilte Überwachungszeichen nach DIN 7702 tragen, das gleichzeitig Herkunft und Typ erkennen läßt.

§ 5

Nennspannung und Nennstrom

a) Fassungen müssen für die in Tafel I angegebenen Nennspannungen und mindestens für die darin angegebenen Nennströme gebaut sein:

Tafel I

1	2	3	4	5
Fassungsart	Fassungs-Kurzzeichen	Nennspannung in V	Nennstrom in A für Fassungen ohne Schalter	mit Schalter
Schraubfassungen	E 14	250	2	2
	E 27	250	4	2
	E 27	500 u. 750	2	—
	E 40	250, 500 u. 750	30	—
Bajonettfassungen	B 15	250	2	2
	B 22	250	4	2
Soffittenfassungen	S 15	250	2	2
	S 19	250	2	2

§ 6

Normen

a) Für Lampenfassungen und Lampensockel gelten folgende Normen[2]):

[1]) Genehmigt durch den Vorsitzenden des VDE im Mai 1941.

[2]) Im folgenden sind überall Normblattnummern der 40000er Reihe angegeben, auch wenn die Blätter noch die bisherige DIN VDE-Bezeichnung tragen.



DIN 7702 Überwachungszeichen für typisierte Preßmassen und Preßstoffe,
„ 40013 Schutzartzeichen für Installationsgeräte,
„ 40400 Elektro-Gewinde, Gewinde-Grenzmaße,
„ 40420 Nippelgewinde,
„ 40430 Stahlpanzerrohrgewinde, Gewindeform,
„ 46200 Anschlußbolzen für Stromstärken bis 1000 A.
„ 46206 Kopfkontaktschrauben für Stromstärken bis 2000 A,
„ 46250 Einführungsöffnungen[3]),
„ 49040 Stopfbuchsverschraubungen aus Metall,
„ 49041 Stopfbuchsverschraubungen aus Isolierpreßstoff,
„ 49615 Lampensockel E 14,
„ 49620 Lampensockel E 27,
„ 49625 Lampensockel E 40,
„ 49630 Lampensockel EW (Pauschal), Unverwechselbarkeitsvorrichtung für Pauschalfassung,
„ 49650 Sockel für Soffittenlampen,
„ 49676 Fassungen mit Berührungsschutz, Gewinde E 14, Grenzmaße,
„ 49681 Fassungen mit Berührungsschutz, Gewinde E 27, Grenzmaße,
„ 49686 Fassungen[3]) mit Berührungsschutz, Gewinde E 40, Grenzmaße,
„ 49720 Lampensockel BA 15,
„ 49725 Lampenfassung B 15,
„ 49730 Lampensockel BA 20,
„ 49735 Lampenfassung BA 20,
„ 49740 Lampensockel B 22,
„ 49745 Lampenfassung B 22.

b) Die in den Normblättern nach a) mit einem Stern gekennzeichneten Maße und Angaben müssen eingehalten werden.

c) Nicht genormte Ausführungen und Bauteile dürfen mit genormten nicht verwechselbar sein, wenn hierdurch die Sicherheit beeinträchtigt wird.

d) Zur Prüfung dienen Lehren nach folgenden Normblättern:

DIN 40401 Elektro-Gewinde, Gewindelehren,
„ 40421 Nippelgewinde, Gewindelehren,
„ 40431 Stahlpanzerrohrgewinde, Gewindelehren,
„ 49611 Lampensockel mit E-Gewinde, Lehren für Einschraubtiefen,
„ 49651 Fassung für Röhrenlampen mit beiderseitigem Sockel nach DIN 49650 (Soffittenlampen) Berührungsschutzlehre,
„ 49652 Fassung für Röhrenlampen mit beiderseitigem Sockel nach DIN 49650 (Soffittenlampen), Tiefen- und Weitenlehren,
„ 49675 Fassungen mit Berührungsschutz, Gewinde E 14:
Bl. 1 Lehre KE 14 zur Prüfung der Kontaktgabe,
Bl. 2 Lehre BKE 14 zur Prüfung des Berührungsschutzes und der Kontaktgabe,
„ 49680 Fassungen mit Berührungsschutz, Gewinde E 27:
Bl. 1 Lehre KE 27 zur Prüfung der Kontaktgabe,
Bl. 2 Lehre BKE 27 zur Prüfung des Berührungsschutzes und der Kontaktgabe,
„ 49685 Fassungen mit Berührungsschutz, Gewinde E 40:
Bl. 1 Lehre KE 40 zur Prüfung der Kontaktgabe[3]),
Bl. 2 Lehre BKE 40 zur Prüfung des Berührungsschutzes und der Kontaktgabe[3]),
„ 49750 Prüflehren für Bajonettsockel[3]),
„ 49755 Prüflehren für Bajonettfassungen[3]).

§ 7

Allgemeine Bauvorschriften

a) Teile aus nichtkeramischen, gummifreien Isolierpreßstoffen müssen aus einem vom Staatlichen Materialprüfungsamt, Berlin-Dahlem, überwachten Typ bestehen.

b) Schrauben, die Kontakt vermitteln, müssen aus Metall bestehen und in metallenes Muttergewinde eingreifen.

c) Bei Befestigungen in Isolierstoff-Muttergewinde, die bei der Montage beansprucht werden, muß das ordnungsmäßige Eingreifen des Schraubengewindes in das Isolierstoff-Muttergewinde beim Einsetzen der Schraube gewährleistet sein. Diese Forderung gilt als erfüllt, wenn z. B. ein übermäßiges Schiefstellen der Schraube vor dem Anziehen durch eine Führung in dem zu befestigenden Teil verhindert wird oder durch eine Einsenkung des Muttergewindes oder durch einen Führungszapfen an der Schraube selbst das richtige Eingreifen des Gewindes erleichtert wird.

d) Schrauben und Muttern, die bei Einbau und Anschluß der Fassung in ein Gerät bedient werden müssen, dürfen nicht zum Befestigen von unter Spannung stehenden Teilen dienen, wenn durch deren Lageänderung die Kriech- und Luftstrecken nach § 10 unterschritten oder die Wirkungsweise der Fassung beeinträchtigt werden kann.

e) Kontaktflächen müssen elektrisch gut leitend und so beschaffen sein, daß ein die Sicherheit beeinträchtigendes Ansteigen des Kontaktwiderstandes, z. B. durch Oxydbildung, verhindert wird.

Metallteile, die betriebsmäßig mit dem Lampensockel in Verbindung kommen, z. B. metallenes Fassungsgewinde, müssen aus einem nichtrostenden Werkstoff bestehen.

f) Der Raum für die anzuschließenden Leitungen muß so bemessen sein, daß die Leitungen ordnungsgemäß angeschlossen werden können und die Wirkungsweise der Fassung hierdurch nicht beeinträchtigt wird.

g) Einführungsöffnungen für Leitungen müssen so ausgebildet sein, daß die Schutzumhüllungen der für die einzelnen Fassungsarten in Frage kommenden Leitungen (Gummihülle, Beflechtung, Mäntel der Rohrdrähte, Rohr usw.) mit in die Fassung eingeführt werden können.

h) Um die Isolierung der Leitungen nicht zu gefährden, dürfen Kanten keinen Grat haben.

i) Fassungen müssen so gebaut sein, daß sie zuverlässig befestigt werden können.

k) Vorrichtungen, bestehend aus Fassungen oder Lampensockeln mit eingebauten Steckern oder Steckdosen, sowie solche, die zum Einsetzen in Fassungen dienen und zum Anschluß von Stromverbrauchern bestimmt sind (z. B. Reduzierstücke), sind nicht zulässig.

l) Teile der Schutzvorrichtungen, die mit dem Glas der Lampe in Berührung kommen oder kommen können, müssen so beschaffen sein, daß sie beim ordnungsmäßigen Einsetzen das Glas der Lampe nicht beschädigen.

§ 8

Leitungsanschlüsse

a) Klemmen müssen VDE 0608 „Leitsätze für Klemmen zum Anschluß von eindrähtigen Aluminiumleitern mit Querschnitten bis 16 mm²" entsprechen.

b) Klemmen müssen als Schraubklemmen ausgebildet sein, die nur mittels Werkzeug bedienbar sind.

Fassungen für Leuchtketten können auch für Löt- oder Schweißanschluß eingerichtet sein.

c) Klemmen müssen so beschaffen sein, daß die Leitungen mit genügendem Kontaktdruck ohne unzulässige Beschädigung des Leiters oder der Unterlage angeschlossen werden können.

Das Ausweichen der Leiter muß zuverlässig verhindert sein.

Die Lage der Leitungen darf sich beim Anziehen der Schrauben nicht unzulässig ändern.

Die Klemmen müssen so eingerichtet sein, daß die Leitungen ohne besonderes Zurichten (z. B. Biegen einer Öse) angeschlossen werden können.

d) Die Klemmen müssen den Anschluß von Leitungen gemäß Tafel II gestatten.

Tafel II

1	2
Fassung	Leiterquerschnitt mm²
E 14, B 15	0,75 ··· 1
E 27, B 22, S 15, S 19	0,75 ··· 2,5*)
E 40	1,5 ··· 6

*) Bei Fassungen mit 10 mm Nippel: 0,75 ··· 1 mm².

e) Fassungen, die zur Befestigung an Leitungen bestimmt sind und die Leitungen auf Zug oder Verdrehung beanspruchen, müssen so ausgebildet sein, daß die Leitung an der Anschlußstelle von Zug und Schub entlastet, die Leitungsumhüllung gegen Abstreifen und die Leitungsadern gegen Verdrehen gesichert werden können. Die Art der Ausführung der Zugentlastung muß leicht erkennbar sein. Teile der Vorrichtung für die Zugentlastung und den Verdrehungsschutz dürfen nicht spannungführend sein. Lose eingelegte Teile zur Herstellung der Zugentlastung und des Verdrehungsschutzes sind unzulässig.

§ 9

Fassungen mit Schalter

a) Schalter an geschützten und abgedichteten Fassungen sind unzulässig.

b) Schalter sind nur zulässig in Fassungen, entsprechend § 5, Tafel I, Spalte 5.

c) Schalter in Fassungen müssen Momentschalter sein, sie gelten als Einbauschalter und müssen VDE 0632/V. 41 „Vorschriften für Schalter bis 60 A 750 V" entsprechen.

d) Schalter in Fassungen müssen so gebaut und abgedeckt sein, daß eine Berührung zwischen beweglichen Teilen des Schalters und den Zuleitungen nicht möglich ist. Die Zuleitungen müssen ohne besondere Maßnahmen so angeschlossen werden können, daß sie die Wirkungsweise des Schalters nicht beeinträchtigen.

e) Betätigungsvorrichtungen des Schalters (Griff, Knebel) dürfen entgegen § 9 von VDE 0632/V.41 auch ohne Werkzeug abnehmbar sein. Beim Abnehmen und Anbringen und wenn die Betätigungsvorrichtung abgenommen ist, muß ein Berühren unter Spannung stehender Teile ausgeschlossen sein; etwa berührbare Metallteile (z. B. Schalterachse) müssen gegenüber betriebsmäßig unter Spannung stehenden Teilen doppelt isoliert sein.

---

[3]) In Vorbereitung.

§ 10

Kriech-, Luftstrecken und Abstände

a) Die Kriech- und Luftstrecken nach Tafel III dürfen nach ordnungsmäßigem Anschluß der Leitungen des größten Querschnittes nach § 8 d) und bei eingesetztem Prüfsockel nach VDE 0470, § 16, nicht unterschritten werden.

Tafel III

Nennspannung V	250	500	750
1. Zwischen betriebsmäßig unter Spannung stehenden Teilen untereinander			
Kriechstrecke . . . . mm	3	5	8
Luftstrecke . . . . mm	3	4	5
2. zwischen betriebsmäßig unter Spannung stehenden Teilen und der Berührung zugänglichen Metallteilen			
Kriechstrecke . . . . mm	4	6	8
Luftstrecke . . . . mm	3	5	7
3. zwischen betriebsmäßig unter Spannung stehenden Teilen und der Auflagefläche (Wand) auch bei Verwendung von Vergußmasse			
Kriechstrecke . . . . mm	6	10	12
Luftstrecke . . . . mm	4	6	8

b) Kriech- und Luftstrecken nach 2. müssen auch gegenüber den Befestigungsschrauben für Wand- und Deckenfassungen eingehalten werden, und zwar unter Berücksichtigung von Schrauben nach DIN 84.

§ 11

Berührungsschutz

a) Unter Spannung stehende Teile der Fassungen und Lampensockel müssen bei eingesetzter Lampe und während des Einsetzens und Herausnehmens der Lampe der zufälligen Berührung entzogen sein. Ausgenommen sind Fassungen mit Gewinde E 40, und Kerzenschaftfassungen E 14, für die ein Berührungsschutz bei brennfertig eingesetzter Lampe genügt.

b) Zur Erfüllung der Forderung von a) können Fassungsmantel und Berührungsschutzkragen aus einem oder mehreren Teilen bestehen.

Wenn Fassungsmantel und Berührungsschutzkragen aus mehreren Teilen bestehen, darf der Berührungsschutzkragen vom Fassungsmantel nur mittels Werkzeug abnehmbar sein, es sei denn, daß nach Entfernen des Berührungsschutzkragens die Gewindehülse oder das diese ersetzende Kontaktstück spannungslos wird oder nicht mehr zum Einschrauben der Lampe geeignet ist oder durch die Lampe nicht mehr unter Spannung gesetzt werden kann.

c) Bei Soffittenfassungen dürfen die Berührungsschutzvorrichtungen nur mittels Werkzeug entfernt werden können, es sei denn, daß bei ihrer Entfernung unter Spannung stehende Teile der zufälligen Berührung nicht zugänglich sind.

d) Lackierung, Emaillierung und Oxydierung von Metallteilen gilt nicht als Isolierung im Sinne des Berührungsschutzes.

e) Bei Fassungen für Nennspannungen über 250 V müssen die der Berührung zugänglichen Gehäuseteile aus Isolierstoff bestehen.

f) Bei Metallfassungen müssen unter Spannung stehende Teile so angeordnet, bemessen und gesichert sein, daß bei ordnungsmäßiger Montage und ordnungsmäßigem Betrieb Stromübergang nach dem Gehäuse verhindert ist.

g) Einrichtungen für Pauschalsysteme sowie zum Schutze gegen Diebstahl von Lampen dürfen den Berührungsschutz nicht aufheben. Diese Forderung gilt auch für Vorrichtungen, mit denen Zusatzteile angebracht oder gelöst werden.

h) Vorrichtungen, die zum Anbringen von Schalen, Schirmen u. dgl. an Fassungen dienen, dürfen nur dann am Fassungsmantel vorgesehen werden, wenn dieser vom Fassungsboden nur mittels Werkzeug lösbar ist. Das Anbringen und Entfernen der Schalen und Schirme muß möglich sein, ohne daß der Berührungsschutz aufgehoben wird.

IV. Prüfung

§ 12

Reihenfolge und Bewertung der Prüfungen

a) Die Prüfungen nach §§ 13 bis 18a) sind an vier Prüflingen in der Reihenfolge der Paragraphen vorzunehmen. Die Prüfung gilt als bestanden, wenn von vier Prüflingen mindestens drei die Prüfung bestehen.

Die Prüfung nach § 18b) ist an zwei weiteren Prüflingen auszuführen, die beide die Prüfung bestehen müssen.

b) Nach den Prüfungen darf die Sicherheit nicht beeinträchtigt sein, z. B. dürfen sich keine Teile gelockert haben, müssen Maße für Kriech- und Luftstrecken beibehalten und Leitungen unbeschädigt sein.

§ 13

Isolation

a) Fassungen in abgedeckter Ausführung

Die Prüflinge sind mindestens 4 h bei einer Temperatur von 20 + 5°, danach 24 h bei einer Temperatur von 30 ± 2° und einer relativen Luftfeuchtigkeit von etwa 90% zu lagern. Die Luftfeuchtigkeit ist nach VDE 0308 (spezifisches Gewicht der Flüssigkeit 1,12 ± 0,5%) zu erzeugen.

Unmittelbar nach dem Lagern ist eine praktisch sinusförmige Wechselspannung von 50 Per/s von

2000 V (Effektivwert)	bei 250 V	Nennspannung
2500 V ,,	bei 500 V	,,
3000 V ,,	bei 750 V	,,

1 min an die zu prüfenden Teile zu legen.

Zur Prüfung ist ein Transformator mit einer Nennleistung von mindestens 100 VA zu benutzen.

Die Spannung ist vom halben Wert zum Endwert stetig oder in einzelnen Stufen von etwa je 5% der Endspannung zu steigern.

Die Prüfspannung ist anzulegen:

1. zwischen den einzelnen Kontaktstücken,
   bei Metallfassungen zwischen jedem Kontaktstück einerseits und Gehäuse sowie Metallteilen, die erst durch den Lampensockel unter Spannung gesetzt werden, andererseits,
   bei Isolierstoff-Fassungen zwischen jedem Kontaktstück und einer Metallumhüllung des Gehäuses;
2. bei Fassungen mit Schalter bei ein- und ausgeschaltetem Schalter:
   zwischen unter Spannung stehenden Teilen und dem Schaltwerk,
   zwischen unter Spannung stehenden Teilen und einer um das Betätigungsteil gelegten Metallumhüllung;
3. bei Wand- und Deckenfassungen:
   zwischen unter Spannung stehenden Teilen und einer Metallunterlage, auf der der Prüfling mit Schrauben nach DIN 84 befestigt ist.

Bei der Prüfung darf weder Durchschlag noch Überschlag auftreten.

Der Ableitstrom darf folgende Werte nicht überschreiten:

1,00 mA	bei einer Prüfspannung von	2000 V
1,25 ,,	,, ,, ,, ,,	2500 V
1,50 ,,	,, ,, ,, ,,	3000 V

b) Fassungen in geschützter Ausführung

Nach Verschließen der Öffnungen für die Einführung der Leitungen oder Rohre sind die Fassungen in der Gebrauchslage (Lampenöffnung nach unten) wie folgt zu prüfen:

Auf den Prüfling ist nach VDE 0470/V. 41, § 5, eine Wassermenge von 9 l, und zwar 3 l je Stunde, aus einer Fallhöhe von 15 cm tropfen zu lassen.

Nach dieser Beanspruchung darf keine Feuchtigkeit in das Innere der Fassung gelangt sein.

Danach sind die Fassungen nach a) zu prüfen.

c) Fassungen in abgedichteter Ausführung

Die Dichtmittel sind vor der Prüfung in einem Wärmeschrank in umlaufender Luft aufzuhängen und 10×24 h ununterbrochen einer Temperatur von 70 ± 2° und anschließend 16 h der Raumtemperatur auszusetzen.

Die Öffnungen für die Einführung der Leitungen und Rohre sind unter Verwendung runder Metallbolzen an Stelle der Leitungen, die dem kleinsten und größten Leitungsaußendurchmesser entsprechen, unter Benutzung der zugehörenden Dichtmittel abzudichten.

Schraubbuchsen der Stopfbuchsverschraubungen nach DIN 49040 und 49041 sind mit 50 kgcm anzuziehen.

Die Prüflinge sind 24 h in der Gebrauchslage so unter Wasser von 20 ± 5° zu lagern, daß sie etwa 5 cm vom Wasser überdeckt sind.

Nach dieser Beanspruchung darf keine Feuchtigkeit in das Innere des Anschlußraumes gelangt sein.

Danach sind die Fassungen nach a) zu prüfen.

§ 14

Verhalten im Gebrauch

a) Die Fassung muß derart beschaffen sein, daß bei ihrem Gebrauch kein übermäßiger Verschleiß oder sonstige schädliche Wirkungen auftreten; der Isolationszustand und der Berührungsschutz dürfen dabei nicht beeinträchtigt werden.

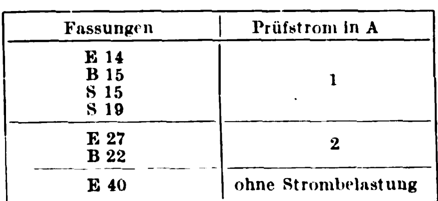


b) In die mit Leitungen vom größten gemäß § 8d) vorgeschriebenen Querschnitt ordnungsgemäß angeschlossene Fassung wird ein Prüfsockel mit Strombelastung nach Tafel IV bei 250 V Wechselspannung 50mal eingesetzt und mindestens bis zur Stromunterbrechung wieder herausgenommen. Die Fassung wird hierbei am Nippelboden bzw. Sockel befestigt.



Bild 1.

Tafel IV



Fassungen	Prüfstrom in A
E 14 B 15 S 15 S 19	1
E 27 B 22	2
E 40	ohne Strombelastung

c) Die Prüfschaltung wird gemäß Bild 1 ausgeführt. Der Umschalter *U* wird nach der Hälfte der Prüfzeit umgelegt.

d) Zur Prüfung der Schalter nach § 15 von VDE 0632/V. 41 sind die Fassungen in lotrechter Lage (Fassungsöffnung für die Lampe nach unten) zu befestigen. Die Prüfung ist an besonderen Prüflingen unabhängig von den sonstigen Prüfungen der Fassung vorzunehmen.

§ 15

Berührungsschutz

a) Der Schutz gegen zufällige Berührung unter Spannung stehender Teile entsprechend § 11a) sowie die Kontaktgabe sind nach den Normblättern

DIN 49651 Fassung für Röhrenlampen mit beiderseitigem Sockel nach DIN 49650 (Soffittenlampen), Berührungsschutzlehre,
„ 49675 Fassungen mit Berührungsschutz, Gewinde E 14:
Bl. 1 Lehre KE 14 zur Prüfung der Kontaktgabe,
Bl. 2 Lehre BKE 14 zur Prüfung des Berührungsschutzes und der Kontaktgabe,
„ 49680 Fassungen mit Berührungsschutz, Gewinde E 27:
Bl. 1 Lehre KE 27 zur Prüfung der Kontaktgabe,
Bl. 2 Lehre BKE 27 zur Prüfung des Berührungsschutzes und der Kontaktgabe,
„ 49685 Fassungen mit Berührungsschutz, Gewinde E 40:
Bl. 1 Lehre KE 40 zur Prüfung der Kontaktgabe[4]),
Bl. 2 Lehre BKE 40 zur Prüfung des Berührungsschutzes und der Kontaktgabe[4])

zu prüfen.

b) Nach VDE 0470/V. 41, § 3, ist mit einem Prüfgerät, Ausführung A, festzustellen, ob eine Berührung sonstiger unter Spannung stehender Teile, z. B. an Lüftungsöffnungen und dergleichen, nicht möglich ist.

§ 16

Mechanische Sicherheit

a) Die Prüfung auf mechanische Haltbarkeit von Isolierstoff-Fassungen und Metall-Fassungen mit Isolierstoffringen im Mantel ist nach VDE 0470/V. 41, § 7 (Aufschlagstück a) durchzuführen. Es sind zwei Schläge an zwei um 90° versetzten Stellen des Randes der Fassungsöffnung auszuführen.

Bei Fassungen, deren Gehäuse durch Lüftungsöffnungen oder dergleichen geschwächt ist, ist die Prüfung außerdem an diesen geschwächten Stellen vorzunehmen.

Das Fallgewicht ist 150 g und die Fallhöhe 15 cm.

b) Metallfassungen sowie nach Entfernen des Mantels freistehende Gewindehülsen sind am Rande nach VDE 0470/V. 41, § 14 mit einem Gewicht von 10 kg (Druckstück 1 a für alle Fassungen außer E 40 mit Druckstück 1b) 1 min lang zu belasten.

c) Nach diesen Prüfungen dürfen keine unter Spannung stehenden Teile freigelegt sein. Schäden, die die Sicherheit der Fassungen beeinträchtigen, sowie Brüche dürfen nicht auftreten; Gewinde müssen lehrenhaltig bleiben.

Treten Sprünge oder Risse auf, die die Sicherheit nicht beeinträchtigen, so ist die Prüfung einmal zu wiederholen, wobei dann keine unter Spannung stehenden Teile freigelegt werden dürfen.

d) Die Prüfung der mechanischen Haltbarkeit von Fassungen mit E-Gewinde gegenüber den beim Einschrauben einer Lampe auftretenden Beanspruchungen ist nach VDE 0470/V. 41, § 16, mit einem Drehmoment nach Tafel V auszuführen.

[4]) In Vorbereitung

Tafel V

Fassungsart	Drehmoment in kgcm
E 14 E 27 E 40	10 20 30
Kerzenschaftfassung E 14 E 27	 5 7

Die Prüfung ist zweimal auszuführen, wobei die Fassung einmal am Mantel festgehalten, das andere Mal je nach der Fassungsart entweder auf ein Rohr aufgeschraubt oder am Fassungsboden befestigt oder, wenn es sich um Wand- oder Deckenfassungen handelt, auf eine Unterlage aufgeschraubt ist. Bei dieser Prüfung darf keine den Gebrauch der Fassung beeinträchtigende Form- oder Lagenänderung eintreten.

e) Die Zuverlässigkeit der Verbindung zwischen Fassungsmantel und Fassungsboden wird in der Weise geprüft, daß der Fassungsboden festgehalten und auf den Mantel der Fassung ein Anzugsdrehmoment nach Tafel V 1 min lang ausgeübt wird. Bei dieser Prüfung darf sich weder der Fassungsmantel vom Fassungsboden lösen lassen, noch darf die Fassung sonstige Beschädigungen aufweisen.

f) Die Nippelmutter muß gegen Lockern vom Rohrgewinde (Rohrnippel, Zwischennippel usw.) vom Innern des Bodens aus gesichert werden können. Die Anwendung seitlicher Druckschrauben (Gewindestifte) ist verboten.

Die zuverlässige Befestigung der Fassungen ist nach dem Betätigen der Nippelsicherung zu prüfen. Dabei darf sich die Fassung bei 1 min langem Belasten mit Drehmomenten nach Tafel V nicht auf dem Rohrgewinde drehen lassen.

g) Fassungsboden und Nippelmutter müssen unverdrehbar miteinander verbunden sein.

Die Prüfung der Verbindung zwischen Nippelmutter und Fassungsboden sowie die Festigkeit freistehender Gewindehülsen gegen Biegebeanspruchung ist nach VDE 0470/V. 41, § 12, durchzuführen. Die Abbiegung darf dabei nicht mehr als 5 mm sein.

Falls eine dauernde Durchbiegung entsteht, ist die Fassung in die Mittellage zurückzubiegen. Nach fünfmaliger Wiederholung dieser Prüfung darf keine den Gebrauch der Fassung beeinträchtigende Veränderung aufgetreten sein.

h) Schrauben oder Muttern, die bei der Montage zu bedienen sind, sind unter Verwendung eines Schraubenziehers nach DIN 5270 oder eines passenden Schlüssels fünfmal mit den aus Tafel VI ersichtlichen Drehmomenten anzuziehen und wieder zu lösen. Dabei dürfen keine für die weitere Verwendung der Prüflinge nachteiligen Veränderungen entstehen.

Tafel VI

1	2	3	4	5	6
	Drehmoment in kgcm				
Gewindedurchmesser mm	Schlitzschrauben und Schaftschrauben	Gewindestifte	Sechskantschrauben, Sechskantmuttern	Mantelklemmen	Schlitzschrauben aus Isolierstoff*)
2,6	4	3	4	—	—
3	5	4	5	—	—
3,5	8	5,5	8	—	—
4	12	7	12	—	—
5	20	10	20	—	—
6	25	14	25	14	5
8 und darüber	35	18	35	21	12

*) Sofern die Schlitzlänge im Schraubenkopf nicht größer als der Gewindedurchmesser ist.

Befestigungen in Isolierstoffmuttergewinde, die bei der Montage beansprucht werden, müssen ein zehnmaliges Festziehen mit $^2/_3$ der Drehmomente nach § 16h), Tafel VI und vollständiges Lösen aushalten.

§ 17

Zugentlastung und Verdrehungsschutz

a) Zur Prüfung der Zugentlastung bei Fassungen nach § 8e) sind die Leitungsadern von den Klemmen zu lösen. Sofern es sich um umflochtene Leitungen handelt, können abgebundene Enden verwendet werden. Die Abbindung darf jedoch nur dazu dienen, ein Auseinanderspleißen der Außenumflechtung zu verhindern.

Die Zugentlastung muß bei der Prüfung nach VDE 0470/V. 41, § 9, einen Zug von 8 kg 50mal aushalten. Je Sekunde ist ein Zug ohne ruckweises Anheben des Gewichtes auszuführen.

Nach der Prüfung darf keine Beschädigung der Leitung oder ihrer Umhüllung durch die Zugentlastungsvorrichtung aufgetreten sein und die Leitung darf sich um nicht mehr als 2 mm in der Einführungsöffnung verschoben haben.

b) Die Prüfung des Verdrehungsschutzes bei Fassungen nach § 8 e) ist nach VDE 0470/V. 41, § 10, mit einem Drehmoment von 2,5 kg cm 1 min lang auszuführen.

Nach der Prüfung dürfen sich die Leitungsenden in den Klemmen des Prüflings nicht verlagert haben.

§ 18

Wärmesicherheit

a) Die Fassungen werden 168 h lang in einem Wärmeschrank bei der in Tafel VII angegebenen Temperatur gelagert und darauf auf etwa Raumtemperatur abgekühlt.

Die Fassung darf durch die Wärmebehandlung keine den weiteren Gebrauch und die Sicherheit beeinträchtigende Veränderung erleiden, z. B. Beeinträchtigen des Berührungsschutzes oder Lockern der Kontaktverbindungen. Gewinde müssen noch lehrenhaltig sein. Vergußmasse darf nicht so flüssig geworden sein, daß die abgedeckten unter Spannung stehenden Teile freigelegt sind; geringe Lageveränderungen der Vergußmasse sind nicht zu beanstanden.

Tafel VII

Fassung	Prüftemperatur
E 14 B 15 S 15	150 ± 5°
E 27 B 22 S 19	180 ± 5°
E 40	220 ± 5°

b) Je zwei Fassungen E 27 und B 22 mit nichtkeramischen Isolierstoffteilen, die noch nicht zu anderen Prüfungen benutzt wurden, sind nach a), jedoch bei einer Prüftemperatur von 200° — Fassungen E 40 bei 250° — 168 h lang zu erwärmen.

Hiernach dürfen die Fassungen nicht derart verändert sein, daß der Berührungsschutz gemäß § 11 nicht mehr gewahrt ist. Im übrigen brauchen die Fassungen nicht mehr im gebrauchsfähigen Zustande zu sein.

Vorschriften für Steckvorrichtungen bis 100 A 750 V

DK 621.316.541(083.133)

VDE 0620/V.41

Inhaltsübersicht

I. Gültigkeit

§ 1

Geltungsbeginn

Diese Vorschriften treten am 1. Juli 1941 in Kraft[1]).

Für die Herstellung gelten daneben die bisherigen Bestimmungen VDE 0610/XII. 40, 0622/1933, 0625/1933 und 0626/1933 bis zum 31. Dezember 1942.

Für die Verwendung bleiben solche Erzeugnisse, die bis zu diesem Termin nach früheren VDE-Bestimmungen fertiggestellt sind, auch weiterhin zulässig, wenn ihre Verwendung nicht ausdrücklich durch eine VDE-Vorschrift für unzulässig erklärt ist.

§ 2

Geltungsbereich

a) Diese Vorschriften gelten für [vgl. § 3k)]

Wand- und Kragensteckvorrichtungen,
Kupplungs-Steckvorrichtungen (Kupplungen),
Geräte-Steckvorrichtungen

ohne und mit Schutzkontakt für Betriebsspannungen über 42 bis 750 V und für Nennströme bis 100 A.

b) Für schlagwettergeschützte Steckvorrichtungen gilt VDE 0170 „Vorschriften für die Ausführung schlagwettergeschützter elektrischer Betriebsmittel".

c) Für explosionsgeschützte Steckvorrichtungen gilt VDE 0171 „Vorschriften für die Ausführung explosionsgeschützter elektrischer Betriebsmittel".

d) Steckvorrichtungen für Fernmelde- und Rundfunkzwecke unterliegen VDE 0800 „Vorschriften und Regeln für die Errichtung elektrischer Fernmeldeanlagen", VDE 0804 „Vorschriften für Fernmeldegeräte" und VDE 0860 „Vorschriften für Rundfunkgeräte, die mit Starkstromnetzen in Verbindung stehen".

II. Begriffe

§ 3

a) Nennspannung ist die Spannung, für die die Steckvorrichtung gebaut und benannt ist.

b) Nennstrom ist der Strom, für den die Steckvorrichtung gebaut und benannt ist.

c) Kriechstrecke ist der kürzeste Weg längs der Oberfläche eines Isolierteils
zwischen unter Spannung stehenden Teilen oder
zwischen unter Spannung stehenden Teilen einerseits und Erde oder der Berührung zugänglichen Stellen und Metallteilen anderseits.

d) Luftstrecke ist der kürzeste Luftabstand
zwischen unter Spannung stehenden Teilen oder
zwischen unter Spannung stehenden Teilen einerseits und Erde oder der Berührung zugänglichen Stellen und Metallteilen anderseits.

e) Der Schutzkragen ist eine Vorrichtung am Gerät, die als Berührungsschutz und gegebenenfalls als Schutzkontakt sowie zum Schutz gegen überlaufende Flüssigkeit und mechanische Beschädigung dient.

f) Der Schutzkontakt dient zur Verbindung von Schutzleitungen.

g) Schutzleitung ist der Sammelbegriff für die leitende Verbindung zwischen dem zu schützenden Gerät und dem Erder (bei Erdung), dem Nulleiter (bei Nullung) oder dem Schutzschalter (bei Schutzschaltung).

h) Hauptteil ist der Träger der Kontaktteile einschließlich aller mit ihm festverbundenen Teile, wie Klemmen u. dgl.

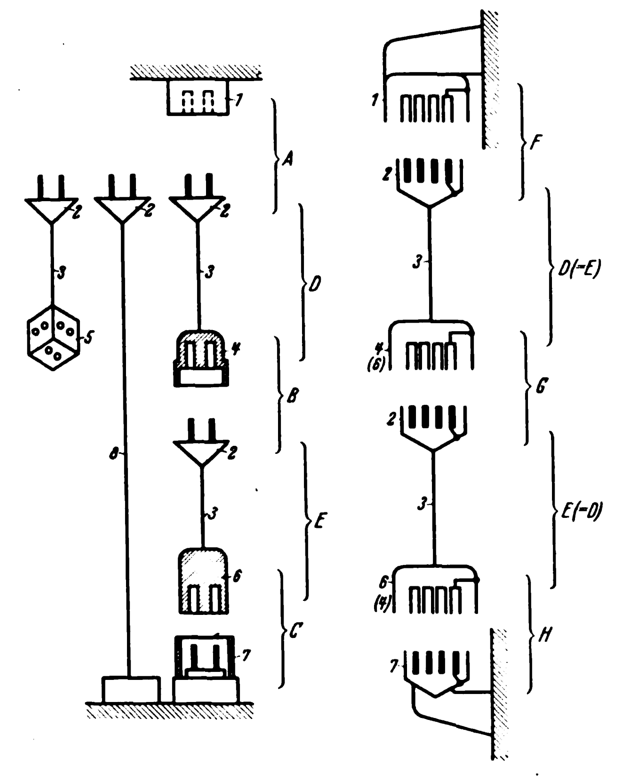
i) Isolierstoff ist der Sammelbegriff für alle isolierenden Werkstoffe, wie z. B. keramische Isolierstoffe, nichtkeramische Isolierpreßstoffe, Glimmer, Hartpapier usw.

k) Bezeichnungen für die Teile von Steckvorrichtungen siehe Bild 1.

l) Warmgerätesteckvorrichtungen sind Gerätesteckvorrichtungen, die betriebsmäßig bei Temperaturen von mehr als 60° verwendet werden können [Kennzeichnung T siehe § 4 b)].

m) Hinsichtlich der Schutzart werden unterschieden:
Schutzart A: Abgedeckte Ausführung (nicht wassergeschützt)
„ B: Geschützte Ausführung (tropfwassergeschützt),
„ C: Abgedichtete Ausführung,
„ D: Druckwasserdichte Ausführung.

[1]) Genehmigt durch den Vorsitzenden des VDE im Mai 1941.



A Wand- und Kragensteckvorrichtung
B Kupplungssteckvorrichtung
C Gerätesteckvorrichtung
D Verlängerungsleitung
E Geräteanschlußleitung
F Kragensteckvorrichtung
G Kragenkupplungssteckvorrichtung
H Kragengerätesteckvorrichtung

1 Wandsteckdose bzw. Kragensteckdose
2 Stecker bzw. Kragenstecker
3 Bewegliche Anschlußleitung
4 Kupplungsdose bzw. Kragenkupplungsdose
5 Mehrfachkupplung
6 Gerätesteckdose bzw. Kragengerätesteckdose
7 Gerätestecker bzw. Kragengerätestecker
8 Anschlußleitung

Bild 1.

III. Bestimmungen

§ 4

Aufschriften

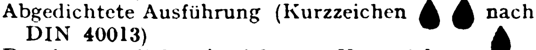
a) Aufschriften müssen dauerhaft und gut leserlich sein.

b) Steckvorrichtungen (Steckdosen, Stecker, Kupplungsdosen, Gerätestecker und Gerätesteckdosen) müssen nachstehende Aufschriften haben:

Ursprungszeichen,
Nennstrom,
Nennspannung.

Bezeichnung der Schutzart [siehe § 3 m)]:

Geschützte Ausführung (Kurzzeichen nach DIN 40013)
Abgedichtete Ausführung (Kurzzeichen nach DIN 40013)
Druckwasserdichte Ausführung (Kurzzeichen nach DIN 40013).



Warmgerätesteckvorrichtungen und Gerätesteckvorrichtungen nach DIN 49490 müssen außerdem mit **T** bezeichnet sein.

Werden Abkürzungen verwendet, so ist der Nennstrom mit A, die Nennspannung mit V zu bezeichnen oder es sind nur Zahlenwerte anzugeben, wobei der Zahlenwert für den Nennstrom vor oder über demjenigen für die Nennspannung stehen muß und von diesem durch einen Strich zu trennen ist.

Die Bezeichnung kann also z. B. sein:

$$10\ \text{A}\ 250\ \text{V}\ \text{oder}\ 10/250\ \text{oder}\ \frac{10}{250}.$$

c) Bei Wandsteckdosen müssen die Aufschriften auf dem Hauptteil so angebracht sein, daß sie möglichst an der eingebauten und angeschlossenen Steckdose, bei lösbarer Abdeckung nach deren Entfernung, leicht und deutlich zu erkennen sind.

d) An Steckern, Kupplungsdosen, Gerätesteckern und Gerätesteckdosen muß die Angabe des Nennstromes auf dem Hauptteil so angebracht sein, daß sie von außen sichtbar ist.

An Steckern, Kupplungsdosen, Gerätesteckern und Gerätesteckdosen bis 10 A darf die Angabe der Nennspannung nicht von außen sichtbar sein.

e) Die Anschlußstelle für die Schutzleitung ist durch das Schutzzeichen nach DIN 40011, die Anschlußstelle für den Stern- bzw. Mittelpunktleiter durch „Mp" zu kennzeichnen.

Diese Bestimmung gilt nicht für Stecker und Kupplungsdosen, die mit der Anschlußleitung ein unteilbares Ganzes bilden, z. B. solche aus Weichgummi.

f) Isolierteile aus nichtkeramischen, gummifreien Isolierpreßstoffen nach VDE 0320 müssen, soweit es technisch ausführbar ist, das vom Staatlichen Materialprüfungsamt, Berlin-Dahlem, erteilte Überwachungszeichen nach DIN 7702 tragen, das gleichzeitig Herkunft und Typ erkennen läßt.

§ 5

Nennspannung und Nennstrom

a) Als normale Nennspannungen gelten: 250, 500 (gilt auch für 550 V) und 750 V, für Wechsel- und Drehstrom außerdem 220/380 und 380 V.

b) Die kleinste Nennspannung für Steckvorrichtungen ist 250 V.

c) Als normale Nennströme gelten: 6, 10, 15, 25, 60 und 100 A.

d) Für Wand-, Kragen- und Warmgerätesteckdosen ist der kleinste Nennstrom 10 A.

§ 6

Normen

a) Für Steckvorrichtungen gelten folgende Normen: [2])

DIN 7702	Überwachungszeichen für typisierte Preßmassen und Preßstoffe,
„ 40011	Erdungszeichen, Schutzzeichen,
„ 40013	Schutzartzeichen für Installationsgeräte,
„ 40430	Stahlpanzerrohrgewinde, Gewindeform,
„ 46200	Anschlußbolzen für Stromstärken bis 1000 A,
„ 46206	Kopfkontaktschrauben für Stromstärken bis 2000 A,
„ 46250	Einführungsöffnungen[3]),
„ 49040	Stopfbuchsverschraubungen aus Metall,
„ 49041	Stopfbuchsverschraubungen aus Isolierpreßstoff,
„ 49070	Unterputzdosen aus Isolierstoff für Schalter und Steckdosen[3]),
„ 49072	Unterputzdosen aus verbleitem Stahlblech für Schalter und Steckdosen[3]),
„ 49100	Mittenabstände für Sockelbefestigungslöcher[3]),
„ 49398	Schmelzeinsätze für Steckvorrichtungen 10 A 250 V,
„ 49401	Zweipoliger Stecker 6 A 250 V,
„ 49402	Zweipolige Steckdose 10 A 250 V,
„ 49403	Zweipoliger Stecker 10 A 250 V,
„ 49424	Wandsteckdose 15 und 25 A 250 und 220/380 V,
„ 49425	Wandstecker 15 und 25 A 250 und 220/380 V,
„ 49440	Zweipolige Schutzkontaktsteckdose, abgedeckt, 10 A 250 V,
„ 49441	Zweipoliger Schutzkontaktstecker, abgedeckt, 10 A 250 V,
„ 49442	Zweipolige Schutzkontaktsteckdose, druckwasserdicht, 10 A 250 V,
„ 49443	Zweipoliger Schutzkontaktstecker, druckwasserdicht, 10 A 250 V,
„ 49450	Dreipolige Steckdose mit Schutzkontakt, metallgekapselt, 15 bis 100 A, 220/380 und 500 V,
„ 49451	Dreipoliger Stecker mit Schutzkontakt, metallgekapselt, 15 bis 100 A, 220/380 und 500 V,
„ 49490	Zweipolige Gerätesteckvorrichtung 10 A 250 V,
„ 49493	Kleingerätesteckvorrichtung 6 A 250 V[3]).

b) Die in den Normblättern nach a) mit einem Stern gekennzeichneten Maße und Angaben müssen eingehalten werden.

c) Nicht genormte Ausführungen und Bauteile dürfen mit genormten nicht verwechselbar sein, wenn hierdurch die Sicherheit beeinträchtigt wird.

d) Zur Prüfung nach b) dienen Lehren nach den Normblättern

DIN 49401	Bl. 2	Zweipoliger Stecker 6 A 250 V, Lehren[3]).
„ 49402	Bl. 2	Zweipolige Steckdose 10 A 250 V, Lehren[3]).
„ 49403	Bl. 2	Zweipoliger Stecker 10 A 250 V nach DIN 49403, Lehren[3]).

§ 7

Allgemeine Bauvorschriften

a) Teile aus nichtkeramischen, gummifreien Isolierpreßstoffen müssen aus einem vom Staatlichen Materialprüfungsamt Berlin-Dahlem überwachten Typ bestehen.

b) Steckvorrichtungen mit mehr als zwei Polen müssen so eingerichtet sein, daß ein Vertauschen der Pole durch falsches Stecken verhindert ist.

c) Stecker dürfen nicht in Dosen für höhere Nennspannungen und Nennströme passen (Ausnahme: Stecker nach DIN 49401).

d) Steckvorrichtungen für Spannungen von mehr als 250 V gegen Erde müssen so gebaut sein, daß das Einstecken und Ausziehen des Steckers unter Spannung verhindert wird.

[2]) Im folgenden sind überall Normblattnummern der 40 000er Reihe angegeben, auch wenn die Blätter noch die bisherige DIN VDE-Bezeichnung tragen.

[3]) In Vorbereitung.

e) Schrauben, die Kontakt vermitteln, müssen aus Metall bestehen und in metallenes Muttergewinde eingreifen.

f) Bei Befestigungen in Isolierstoff-Muttergewinde muß das ordnungsmäßige Eingreifen des Schraubengewindes in das Isolierstoff-Muttergewinde beim Einsetzen der Schraube gewährleistet sein. Diese Forderung gilt als erfüllt, wenn z. B. ein übermäßiges Schiefstellen der Schraube vor dem Anziehen durch eine Führung in dem zu befestigenden Teil verhindert wird oder durch eine Einsenkung des Muttergewindes oder durch einen Führungszapfen an der Schraube selbst das richtige Eingreifen des Gewindes erleichtert wird.

g) Schrauben und Muttern, die bei Einbau und Anschluß von Steckvorrichtungen bedient werden müssen, dürfen nicht zum Befestigen von unter Spannung stehenden Teilen dienen, wenn durch deren Lageänderung die Kriech- und Luftstrecken nach § 9 unterschritten oder die Wirkungsweise der Steckvorrichtung beeinträchtigt werden kann.

h) Kontaktflächen müssen elektrisch gut leitend und so beschaffen sein, daß ein die Sicherheit beeinträchtigendes Ansteigen des Kontaktwiderstandes, z. B. durch Oxydbildung, verhindert wird.

i) Der Raum für die anzuschließenden Leitungen muß so bemessen sein, daß die Leitungen ordnungsmäßig angeschlossen werden können und die Wirkungsweise der Steckvorrichtung hierdurch nicht beeinträchtigt wird.

k) Einführungsöffnungen für Leitungen müssen so ausgebildet sein, daß die Schutzumhüllungen der Leitungen (Gummihülle, Beflechtung, Mäntel der Rohrdrähte, Rohre usw.) mit in das Gerät eingeführt werden können.

l) Die Einführungstelle für die beweglichen Leitungen muß so abgerundet sein, daß scharfe Knickungen verhindert werden. Metallschläuche dürfen als Einführungsschutz nicht verwendet werden. Falls Schutzwendeln verwendet werden, darf deren lichter Durchmesser an der engsten Stelle nicht kleiner als 10 mm sein.

m) Um die Isolierung der Leitungen nicht zu gefährden, dürfen Kanten keinen Grat haben.

n) Die mit der Stromquelle verbundenen Kontakte müssen federnd ausgebildet sein.

o) Grifflächen müssen so ausgebildet sein, daß bei Betätigung der Steckvorrichtung das Abgleiten der Finger erschwert wird. Bei Steckern müssen sie so ausgebildet sein, daß bei einem Schutzkragen einer Kupplungsdose oder Wandsteckdose, dessen Höhe $^2/_3$ der Stiftlänge beträgt, eine Betätigung möglich ist, ohne daß ein Zug an der Zuleitung ausgeübt wird.

p) Vorrichtungen, bestehend aus Fassungen oder Lampensockeln mit angebauten Steckern oder Steckdosen, sind nicht zulässig.

§ 8

Leitungsanschlüsse

a) Klemmen müssen als Schraubklemmen ausgebildet sein, die nur mittels Werkzeug bedienbar sind.

Dies gilt nicht für Stecker, Kupplungsdosen und Gerätesteckdosen, die mit der Anschlußleitung ein unteilbares Ganzes bilden, z. B. aus Weichgummi.

b) Die Klemmen müssen so beschaffen sein, daß die Leitungen mit genügendem Kontaktdruck ohne unzulässige Beschädigung des Leiters oder der Unterlage angeschlossen werden können.

Das Ausweichen der Leiter muß zuverlässig verhindert sein. Die Lage der Leitungen darf sich beim Anziehen der Schrauben nicht unzulässig ändern.

c) Bestehen Klemmen und Dosenkontakte bzw. Steckerstifte aus mehreren Teilen, so muß deren Verbindung so zuverlässig sein, daß eine Lockerung im Gebrauch nicht eintreten kann.

d) Die Klemmen müssen den Anschluß von Leitungen gemäß Tafel I gestatten.

Tafel I

1	2	3	4
Nennstrom A	Leiterquerschnitt in mm² Wand- und Kragensteckdosen	Stecker, Kupplungsdosen, Gerätesteckdosen	Stecker, Kupplungsdosen, Gerätesteckdosen mit fest eingepreßten Leitungen
6	—	0,75	0,75
10	1 ··· 2,5	0,75 ··· 1	1
15	1,5 ··· 4	1 ··· 1,5	1,5
25	4 ··· 10	2,5 ··· 4	4
60	10 ··· 25	6 ··· 10	10
100	25 ··· 50	16 ··· 25	—

e) Bei Steckern, Kupplungsdosen und Gerätesteckdosen muß die Leitung an der Anschlußstelle von Zug und Schub entlastet, die Leitungsumhüllung gegen Abstreifen und die Leitungsadern gegen Verdrehen gesichert werden können. Die Art der Ausführung der Zugentlastung muß leicht erkennbar sein. Teile der Vorrichtung für die Zugentlastung und den Verdrehungsschutz dürfen nicht Spannung führend sein. Lose eingelegte Teile zur Herstellung der Zugentlastung und des Verdrehungsschutzes sind unzulässig.

§ 9

Kriech- und Luftstrecken

a) Die Kriech- und Luftstrecken bzw. Abstände nach Tafel II dürfen nach ordnungsmäßigem Anschluß der Leitungen des größtzulässigen Querschnittes nach § 8d) nicht unterschritten werden.

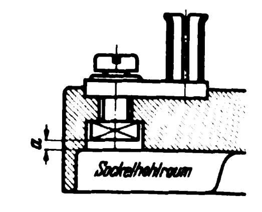


Bild 2. Maß *a* nach Tafel II, Punkt 5.

b) Kriech- und Luftstrecken müssen auch gegenüber den Befestigungsschrauben für den Sockel eingehalten werden, und zwar unter Berücksichtigung von Schrauben nach DIN 84.

Tafel II

Nennspannung V	250 220/380 380	500	750
1. Kriechstrecke .... mm	3	5	8
2. Luftstrecke bei Aufputzsteckdosen zwischen unter Spannung stehenden Teilen einerseits und Metallabdeckungen oder Metallgehäusen (falls diese nicht isoliert ausgekleidet sind) oder der Wand andererseits .... mm	6	10	12
3. Sonstige Luftstrecken .... mm	3	4	5
4. Abstand zwischen unter Spannung stehenden Teilen und der oberen Begrenzungsfläche des Hohlraumes im Sockel (z. B. Maß *a* in Bild 2) .... mm	3	4	5
5. Abstand unter Spannung stehender Teile, die mit Vergußmasse abgedeckt sind, gegen die Wand, wobei die Dicke der Vergußschicht mindestens 2,5 mm betragen muß. .... mm	4	5	7

§ 10

Berührungsschutz

a) Unter Spannung stehende Teile müssen im Gebrauchszustand der Steckvorrichtungen (auch bei deren Bedienung) der zufälligen Berührung entzogen sein.

Bei Steckvorrichtungen nach DIN 49401, 49402 und 49403 gilt der durch die Einhaltung der Normen gewährleistete Schutz gegen Berühren der Steckerstifte während des Einsteckens als ausreichend.

b) Unter Spannung stehende Teile müssen so angeordnet, bemessen und so gesichert sein, daß bei ordnungsmäßigem Einbau und ordnungsmäßigem Betrieb ein Stromübergang nach dem Gehäuse verhindert ist. Ebenfalls muß verhindert sein, daß die Schutzleitung mit unter Spannung stehenden Teilen in Berührung kommen kann.

c) Die Steckvorrichtungen müssen so ausgebildet sein, daß einpoliges Einführen eines zur Steckdose gehörenden Steckers bis zur Kontaktgabe unmöglich ist.

d) Lackierung, Emaillierung und Oxydierung von Metallteilen gelten nicht als Isolierung im Sinne des Berührungsschutzes.

e) Steckvorrichtungen in geschützter, abgedichteter und druckwasserdichter Ausführung sowie Steckvorrichtungen für Nennspannungen über 250 V und solche über 220/380 V müssen mit Schutzkontakt versehen sein.

f) Die Schutzkontaktstücke der Steckvorrichtungen müssen so angeordnet sein, daß ihre Verbindung hergestellt wird, bevor die den Betriebsstrom führenden Kontaktstücke sich berühren.

g) Die Verbindung zwischen den Schutzkontaktstücken darf im ordnungsmäßigen Gebrauch der Steckvorrichtungen keine die Schutzwirkung beeinträchtigenden Veränderungen erleiden. Die Schutzkontaktstücke müssen Schleifkontakte sein und genügenden Kontaktdruck haben.

Der Kontaktdruck der Schutzkontakte von Steckvorrichtungen nach DIN 49440, 49442, 49490 und 49493 muß mindestens 500 g betragen.

h) Abdeckungen dürfen nur mittels Werkzeug entfernbar, ihre Befestigungsmittel müssen von unter Spannung stehenden Teilen isoliert sein.

i) Metallgehäuse und -abdeckungen, die der Berührung zugänglich sind, müssen zum Anschluß einer Schutzleitung eingerichtet oder mit einer haltbaren Isolierschicht ausgekleidet sein, die den Prüfungen nach § 12 genügen muß.

Bestehen Metallabdeckungen aus mehreren Teilen, so müssen sie leitend miteinander verbunden sein. In die Wand einzulassende Gehäuse aus Metall sind ohne Schutzleitungsanschluß zulässig, wenn ihre Vorderseite mit Isolierstoff abgedeckt wird.

Kleinere Metallteile, z. B. Schrauben zur Befestigung von Abdeckungen, brauchen nicht mit der Anschlußstelle für die Schutzleitung verbunden zu sein.

k) Metallene Schutzwendeln für Steckvorrichtungen mit Schutzkontakt müssen mit der Anschlußschraube für die Schutzleitung verbunden sein.

l) Zwischenstecker müssen so gebaut sein, daß es nicht möglich ist, Verbindungen beweglicher Leitungen derart herzustellen, daß dabei Schutzmaßnahmen aufgehoben oder unwirksam gemacht werden.

IV. Prüfung

§ 11

Reihenfolge und Bewertung der Prüfungen

a) Die Prüfungen nach §§ 12 bis 17 sind an vier Prüflingen in der Reihenfolge der Paragraphen vorzunehmen. Die Prüfung gilt als bestanden, wenn von den vier Prüflingen mindestens drei die Prüfung bestehen.

Die Prüfung nach § 18 ist an einem fünften Prüfling auszuführen.

Prüfung von Warmgerätesteckvorrichtungen siehe § 23.

b) Nach den Prüfungen darf die Sicherheit nicht beeinträchtigt sein, z. B. dürfen sich keine Teile gelockert haben, müssen Maße für Kriech- und Luftstrecken beibehalten und Leitungen unbeschädigt sein.

c) Weichgummiteile von Steckvorrichtungen sind vor Vornahme der Prüfungen nach §§ 12 bis 17 in einen Wärmeschrank zu bringen und 10 × 24 h lang ununterbrochen auf einer Temperatur von 70 ± 2° zu halten. Der Sauerstoffgehalt der Luft im Wärmeschrank muß dem normalen Luftsauerstoffgehalt annähernd gleich gehalten werden.

Nach dieser Alterung darf der Prüfling keine seine Wirkungsweise beeinträchtigenden Veränderungen aufweisen.

d) Alterung von Dichtmitteln siehe § 12e).

§ 12

Isolation

a) Steckvorrichtungen in abgedeckter Ausführung

Die Prüflinge sind bei offenen Leitungseinführungsöffnungen mindestens 4 h bei einer Temperatur von 20 + 5°, danach 24 h bei einer Temperatur von 30 ± 2° und einer relativen Luftfeuchtigkeit von etwa 90% zu lagern.

Die Luftfeuchtigkeit ist nach VDE 0308 (spezifisches Gewicht der Flüssigkeit 1,12 ± 0,5%) zu erzeugen. Der Abstand der Prüflinge von den Wänden und der Decke des Prüfraumes muß mindestens 75 mm betragen.

Unmittelbar nach dem Lagern ist eine praktisch sinusförmige Wechselspannung von 50 Per/s und

2000 V (Effektivwert) bei 250, 220/380 und 380 V Nennspannung
2500 V (Effektivwert) bei 500 V Nennspannung
3000 V ,, bei 750 V ,,

1 min an die zu prüfenden Teile zu legen.

Zur Prüfung ist ein Transformator mit einer Nennleistung von mindestens 100 VA zu benutzen. Die Spannung ist vom halben Wert zum Endwert stetig oder in einzelnen Stufen von je etwa 5% der Endspannung zu steigern.

Die Prüfspannung ist anzulegen:

Bei Steckdosen, Kupplungsdosen und Gerätesteckdosen:

1. bei eingestecktem Stecker
   zwischen unter Spannung stehenden Teilen verschiedener Polarität,
   zwischen unter Spannung stehenden Teilen und
   allen bei gebrauchsfertig montierter Steckvorrichtung berührbaren Metallteilen,
   den Sockel- und Abdeckungsbefestigungsschrauben,
   einer Metallumhüllung bei isoliert gekapselten Steckdosen, den etwa vorhandenen Schutzkontakten.
2. bei nichtgestecktem Stecker
   zwischen unter Spannung stehenden Teilen und
   einem Metallbelag auf der Vorderseite der Abdeckung.

Bei Steckern und Gerätesteckern:

zwischen unter Spannung stehenden Teilen verschiedener Polarität,
zwischen unter Spannung stehenden Teilen und
allen sonstigen berührbaren Metallteilen,
den Befestigungsschrauben,
einer um den Steckerkörper (mit Ausnahme der Stirnfläche) gelegten Metallumhüllung bei Isolierstoffsteckern,
den etwa vorhandenen Schutzkontakten.

Bei Metallgehäusen und -abdeckungen mit Isolierauskleidung:

zwischen Metallgehäuse oder -abdeckung und
einem auf der Isolierauskleidung angebrachten Metallbelag.

Bei der Prüfung darf weder Durchschlag noch Überschlag auftreten.

Der Ableitstrom darf folgende Werte nicht überschreiten:

1,00 mA bei einer Prüfspannung von 2000 V
1,25 mA ,, ,, ,, ,, 2500 V
1,50 mA ,, ,, ,, ,, 3000 V

b) Steckvorrichtungen in geschützter Ausführung

Stecker sind für sich in der ungünstigsten Lage mit angeschlossener Leitung, Steckdosen nach Verschließen der Öffnungen für die Einführung der Leitungen und Rohre in der Gebrauchslage ohne und mit eingesetztem Stecker der gleichen Schutzart (mit angeschlossener Leitung) wie folgt zu prüfen:

Auf den Prüfling ist nach VDE 0470/V. 41, § 5, eine Wassermenge von 9 l, und zwar 3 l je Stunde aus einer Fallhöhe von 15 cm tropfen zu lassen.

Nach dieser Beanspruchung darf keine Feuchtigkeit in das Innere der Prüflinge gelangt sein.

Danach sind die Einsätze der Steckdosen sowie die Stecker nach a) zu prüfen.

c) Steckvorrichtungen in abgedichteter Ausführung

Vor der Prüfung sind die Dichtmittel einer Alterung nach e) zu unterziehen.

Stecker sind für sich mit angeschlossener Leitung, Steckdosen ohne und mit eingesetztem Stecker der gleichen Schutzart zu prüfen. Die Öffnungen für die Einführung der Leitungen und Rohre sind unter Verwendung runder Metallbolzen an Stelle der Leitungen, die dem kleinsten und größten Leitungsaußendurchmesser entsprechen, unter Benutzung der zugehörigen Dichtungsringe abzudichten. Schraubbuchsen der Stopfbuchsverschraubungen nach DIN 49040 und 49041 sowie Deckelbefestigungsschrauben (Kopfschrauben) sind mit Drehmomenten nach § 15b) anzuziehen.

Die Prüflinge sind 24 h in der Gebrauchslage so unter Wasser von 20 ± 5° zu setzen, daß sie etwa 5 cm vom Wasser überdeckt sind.

Nach dieser Beanspruchung darf keine Feuchtigkeit in das Innere der Prüflinge gelangt sein.

Danach sind die Einsätze der Steckdosen sowie die Stecker nach a) zu prüfen.

d) Steckvorrichtungen in druckwasserdichter Ausführung

Nach einer Vorbehandlung wie unter c), 1. und 2. Absatz sind Steckdosen und Stecker sowie Steckdosen mit eingesetztem Stecker nach VDE 0470/V. 41, § 11, völlig unter Wasser von 20 ± 5° 30 min einem Druck von 0,75 atü auszusetzen.

Nach dieser Beanspruchung darf keine Feuchtigkeit in das Innere der Prüflinge gelangt sein.

Danach sind die Einsätze der Steckdosen sowie die Stecker nach a) zu prüfen.

e) Alterung von Dichtmitteln

Die Dichtmittel sind vor der Prüfung nach c) und d) in einem Wärmeschrank in umlaufender Luft aufzuhängen und 10 × 24 h ununterbrochen einer Temperatur von 70 ± 2° und anschließend 16 h der Raumtemperatur auszusetzen.

§ 13

Berührungsschutz

a) Nach VDE 0470/V. 41, § 3, ist mit einem Prüfgerät (Ausführung A) festzustellen, ob eine zufällige Berührung unter Spannung stehender Teile nicht möglich ist.

b) Die Prüfung auf Unmöglichkeit des einpoligen Einführens des Steckers ist an Steckdosen nach DIN 49402 Blatt 1 mit einer Lehre nach DIN 49402 Blatt 2 in der Weise durchzuführen, daß beide Buchsen der Steckdose an einen Pol einer Stromquelle, das Prüfgerät an den zweiten Pol angeschlossen



werden. Es wird versucht, einen Stift des Prüfgerätes in eine Buchse einzuführen. Ein Berühren unter Spannung stehender Teile darf nicht möglich sein.

c) Zur Feststellung des Kontaktdruckes der Schutzkontakte von Steckdosen nach DIN 49440 und 49442 ist zunächst der Abstand a der Schutzkontakte zu messen und dann die Dosen nach VDE 0470/V. 41, § 14, mit Druckstück 3 zu prüfen. Bei einer Belastung mit 500 g darf sich der Schutzkontakt um höchstens $\frac{32 - a}{2}$ mm durchbiegen.

Zur Feststellung des Kontaktdruckes der Schutzkontakte von Gerätesteckdosen nach DIN 49490 und 49493 ist der Kontaktdruck nach VDE 0470/V. 41, § 14 mit Druckstück 2 zu prüfen. Bei einer Belastung mit 500 g muß der Abstand der Druckstücke voneinander bei Gerätesteckdosen nach DIN 49490 mindestens 19,5 und bei Gerätesteckdosen nach DIN 49493 mindestens 18 mm betragen. Die Durchbiegungen der beiden Kontaktstücke müssen annähernd gleich sein.

§ 14

Schaltleistung. Verhalten im Gebrauch

a) Die Steckvorrichtungen sind mit dem 1,25fachen des Nennstromes zu belasten. Hierbei darf nach einstündiger Belastung die zusätzliche Erwärmung an den Anschlußklemmen nicht mehr als 45° betragen. Die Temperatur ist mit Schmelzkörpern oder Thermoelementen, nicht mit Thermometern zu messen. Als Schmelzkörper kommt z. B. bei einer Raumtemperatur von 20° Bienenwachs (Schmelzpunkt 63 bis 65°) in Betracht.

b) Die Steckvorrichtungen sind im Gebrauchszustand und in der Gebrauchslage ordnungsmäßig befestigt mit der in Tafel III unter „Schaltleistung" und „Verhalten im Gebrauch" angegebenen Zahl von Schaltungen und Belastungswerten zu betätigen. Der Schaltvorgang ist bei maschineller Betätigung der natürlichen Betätigung von Hand möglichst anzugleichen.

c) Die Prüfschaltung ist nach Tafel IV auszuführen.

Mit dem Umschalter U sind Gehäuse, Befestigungsschrauben und die metallene Aufspannplatte zu verbinden.

Der Umschalter U ist bei zweipoligen Steckvorrichtungen nach der Hälfte, bei dreipoligen Steckvorrichtungen nach je ⅓ der Schaltungen umzulegen.

d) Die Schutzkontakte der Steckvorrichtungen bis 10 A sind wie unter b), jedoch mit 6 A 250 V Gleichstrom, die Schutzkontakte der Steckvorrichtungen über 10 A bis 25 A mit Nennstrom zwischen Pol und Schutzkontakt und 25 Schaltungen (zwei Ein- und zwei Ausschaltungen je Minute) zu prüfen.

e) In Steckdosen nach DIN 49402 ist die Prüfung je zur Hälfte, und zwar zuerst mit Steckern nach DIN 49403 (10 A) und anschließend mit Steckern nach DIN 49401 (6 A) vorzunehmen.

f) Während der Prüfung darf kein Lichtbogen stehenbleiben und kein Überschlag auftreten, Kontaktteile dürfen sich nicht lockern.

g) Der Spannungsabfall der Schutzkontakte darf bei Belastung mit dem 1,5fachen Nennstrom nicht größer als 50 mV je Kontaktstelle sein.

h) Der Berührungsschutz [§ 13a) und b)] muß nach der Prüfung a) bis g) ausgehalten sein.

Der Kontaktdruck der Schutzkontakte von Steckvorrichtungen nach DIN 49440, 49442, 49490 und 49493 darf nach der Prüfung a) bis g) nicht um mehr als 25% gesunken sein [siehe § 10 g) und 13c].

i) Im Anschluß an die Prüfungen nach a) bis h) ist die Isolation der Steckvorrichtungen nach § 12, jedoch ohne Feuchtigkeitsbehandlung und mit um 1000 V verringerter Prüfspannung, zu prüfen.

Tafel III

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Nennwerte				Prüfwerte					
Geräteart	I_n A	U_n V	Polzahl	Stromart	I A	U V	Stromart	cos φ	Ein- und Ausführungen des Steckers gesamt	Ein- und Ausführungen des Steckers je Minute
Schaltleistung										
Steckvorrichtungen	bis 10	250	2 2 + ⏚	≂	$1{,}25 \times I_n$	U_n	—	*)	50	15
	über 10 bis 25	250	2	~		U_n	—	*)	25	
		220/380	2 + ⏚	~		$1{,}1 \times U_n$	~	1		
		220/380	3 + Mp + ⏚ 3 + ⏚	~		$1{,}1 \times U_n$	~	1 0,6		
		380	3	~		$1{,}1 \times U_n$	~	0,6		
Gerätesteckvorrichtungen	bis 10	250	2 2 + ⏚	~		U_n	—	*)	50	
	über 10 bis 25	250	2 + ⏚	≂		U_n	—	*)		
		220/380		~		$1{,}1 \times U_n$	~	1		
		220/380	3 + ⏚	~		$1{,}1 \times U_n$	~	0,6		
Verhalten im Gebrauch										
Steckvorrichtungen	bis 10	250	2 2 + ⏚	≂	I_n	U_n	~	1	5000**)	15
	über 10 bis 25	250	2	≂	10 A			1	500	
		220/380	2 + ⏚	~				1		
		220/380	3 + Mp + ⏚ 3 + ⏚	~				1 0,6***) 0,6***)		
		380	3	~				0,6***)		
Gerätesteckvorrichtungen	bis 10	250	2 2 + ⏚	~	I_n			1	1000	
	über 10 bis 25	250	2 + ⏚	≂	10 A			1		
		220/380		~				1		
		220/380	3 + ⏚	~				0,6***)		

*) Die Gleichstrombelastungen sind praktisch induktionsfrei.
**) Steckvorrichtungen ortsveränderlicher Stromverbraucher dürfen, sofern die Nennaufnahme 2500 W und der Nennstrom 25 A nicht überschreiten, bei Nennspannungen bis höchstens 250 V, bei Drehstrom mit geerdetem Nullpunkt bis 380 V auch zum In- und Außerbetriebsetzen dienen.
***) Steckvorrichtungen > 15 A werden mit cos φ = 1 geprüft.

Tafel IV

1 Polzahl	2 Prüfschaltung	1 Polzahl	2 Prüfschaltung
2		3 + ⏚	
2 + ⏚		3 + *Mp* + ⏚	
3			

R Belastungswiderstand

Bei Aufputzsteckdosen sind vier Schläge auf die Kappen, und zwar je ein Schlag an vier auf den Umfang möglichst gleichmäßig verteilten Stellen und ein Schlag auf die Mitte der Stirnfläche der Steckdose auszuführen.

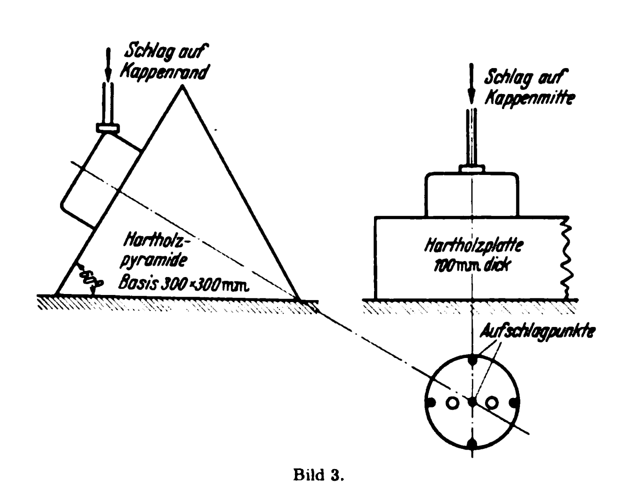


Bild 3.

Bei Unterputzsteckdosen sind vier Schläge auf die Abdeckplatte innerhalb des Umfanges des Gehäuses möglichst gleichmäßig verteilt und ein Schlag auf die Mitte der Stirnfläche (Bild 4) auszuführen.

Bei Steckdosen, bei denen die Stirnfläche so tief liegt, daß sie einer mechanischen Beanspruchung weniger ausgesetzt ist, fällt der Schlag auf die Stirnfläche weg.

Gewicht und Fallhöhe siehe Tafel V.

Tafel V

1 Ausführungsart		2 Gewicht g	3 Fallhöhe cm
A abgedeckt	auf Putz	150	25
	unter Putz	150	15
B geschützt	auf Putz	250	25
	unter Putz	250	15
C abgedichtet D druckwasserdicht		250	50

§ 15

Mechanische Sicherheit

a) Die Prüfung der Wandsteckdosen bis 10 A[5]) auf mechanische Haltbarkeit ist nach VDE 0470/V. 41, § 7 (Aufschlagstück *a*), durchzuführen. Dabei sind Aufputzsteckdosen (mit Abdeckung und ordnungsmäßig ausgebrochener größter Einführungsöffnung) auf einer Hartholzpyramide oder -platte (Bild 3) zu befestigen, Unterputzsteckdosen auf eine Hartholzplatte nach Bild 4 aufzulegen.

Schläge auf Kappenoberfläche
Hartholzplatte 100 mm dick
Aufschlagpunkte

Bild 4.

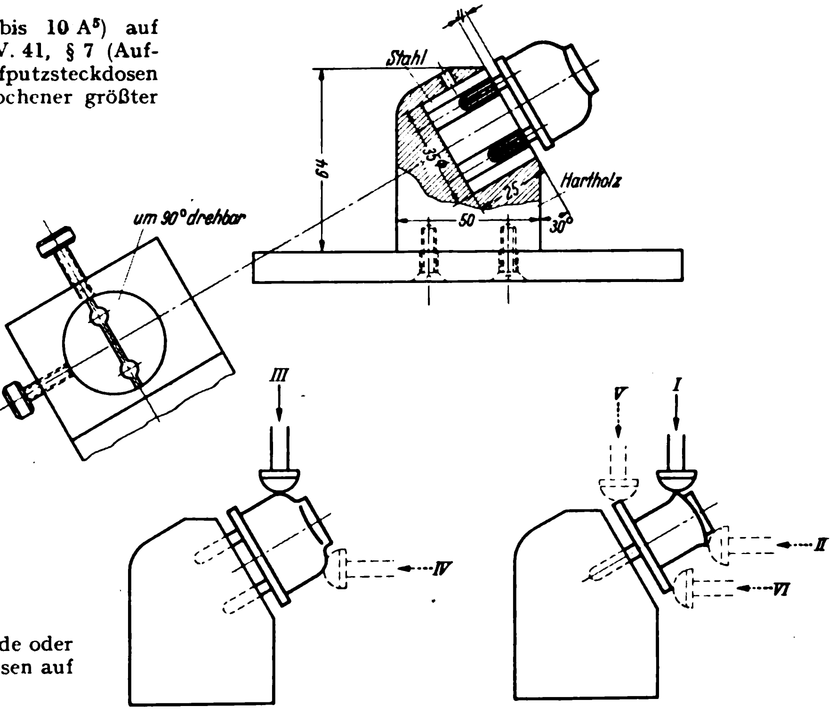


Bild 5a.

[5]) Größere Steckdosen sind sinngemäß zu prüfen.

b) Die Befestigungsschrauben für die Abdeckungen sind mit $^2/_3$ der in g) Tafel VI angegebenen Werte anzuziehen. Die Schraubbuchsen von Stopfbuchsverschraubungen sind mit einem Drehmoment von 50 kgcm bei Stopfbuchsverschraubungen für den Anschlußbereich der Einführungsöffnungen bis 20 mm, mit einem Drehmoment von 75 kgcm bei Stopfbuchsverschraubungen für den Anschlußbereich der Einführungsöffnungen über 20 mm anzuziehen. An Stelle von Leitungen sind runde Metallbolzen mit einem Durchmesser gleich dem größten Leitungsaußendurchmesser, für den die Leitereinführungsöffnung bemessen ist, zu verwenden.

c) Nach der Prüfung dürfen keine unter Spannung stehenden Teile freigelegt sein (Prüfung nach VDE 0470/V. 41, § 3). Schäden des Sockels, die die Brauchbarkeit der Steckdose beeinträchtigen können, dürfen nicht auftreten.

Treten an den Abdeckungen von Auf- und Unterputzsteckdosen Sprünge oder Risse auf, die die Sicherheit nicht beeinträchtigen, so ist die Prüfung mit derselben Abdeckung einmal zu wiederholen, wobei dann keine unter Spannung stehenden Teile freigelegt werden dürfen.

An Abdeckungen für Unterputzsteckdosen sind Risse und Absplitterungen, soweit sie außerhalb des Umfanges der Gehäuse liegen, nicht zu beanstanden. Ein Bruch etwa vorhandener Glasplatten ist nicht zu beanstanden, wenn sich noch eine Platte aus Isolierstoff, die der Prüfung standgehalten hat, unter der Glasplatte befindet.

d) Die Prüfung der Stecker bis 10 A ist nach VDE 0470/V.41 § 7 (Aufschlagstück *b*) auszuführen. Dabei sind neun Schläge auszuführen. Der Stecker wird bei den Schlägen I bis VI unter Verwendung der Aufspannvorrichtung nach Bild 5a in eine Aufspannplatte, die in einem Hartholzklotz drehbar gelagert ist, mit den Kordelschrauben festgeklemmt. Bei den Schlägen VII bis IX werden die Stecker auf eine Hartholzplatte oder eine Eisenplatte (Bild 5b) aufgelegt (Aufschlagstück *a*).

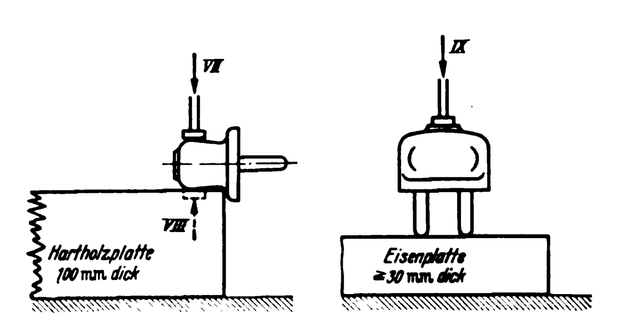


Bild 5 b.

Das Fallgewicht beträgt 250 g, die Fallhöhe für Stecker 6 A 15 cm, für Stecker 10 A 20 cm.

Nach dieser Prüfung darf der Stecker keine Beschädigungen oder Risse aufweisen. Die Steckerstifte dürfen sich nicht so gelockert oder verbogen haben, daß der Abstand der Stifte die in den Normen festgelegten Werte über- oder unterschreitet.

e) An Gerätesteckdosen nach DIN 49490 und 49493 und Kupplungsdosen 10 A ist eine Zuleitung NSA 2×0,75 mm², an Gerätesteckdosen mit Schutzkontakt NSA 3×0,75 mm² ordnungsmäßig anzuschließen. Anschließend sind sie nach VDE 0470/V. 41, § 8, zu prüfen. Die Höhe der Festklemmvorrichtung ist so einzustellen, daß der Aufschlag bei senkrechter Aufschlagfläche je dreimal an zwei um 90° versetzten Stellen des Griffteiles und anschließend bei um 45° geneigter Aufschlagfläche je dreimal an zwei um 90° versetzten Stellen der Unterkante erfolgt. Hierbei darf eine die Sicherheit beeinträchtigende Beschädigung nicht auftreten.

f) An Gerätesteckdosen ist eine Prüfung mit seitlicher Zugbeanspruchung nach VDE 0470/V. 41, § 9, durchzuführen. Die Zuleitung ist je fünfmal, einmal je Sekunde, in Richtung der kleinsten und größten Achse mit einem Gesamtgewicht von 3 kg zu belasten.

Die Gerätesteckdose darf bei dieser Prüfung nicht beschädigt werden, ferner darf sie nicht von dem Gerätestecker abgezogen werden, auch darf der Stromübergang auf den Gerätestecker nicht unterbrochen werden.

g) Der Schutzkragen des Gerätesteckers ist nach VDE 0470/V. 41, § 14, mit Druckstücken 2 einem Druck von 15 kg 1 min auszusetzen. Dadurch darf eine dauernde Formveränderung (Einbeulung oder dergleichen) nicht eintreten.

h) Schrauben oder Muttern, die bei der Montage zu bedienen sind, sind unter Verwendung eines Schraubenziehers nach DIN 5270 oder eines passenden Schlüssels fünfmal mit den aus Tafel VI ersichtlichen Drehmomenten anzuziehen und wieder zu lösen.

Tafel VI

1	2	3	4	5	6
	Drehmoment in kgcm				
Gewindedurchmesser mm	Schlitzschrauben und Schaftschrauben	Gewindestifte	Sechskantschrauben, Sechskantmuttern	Mantelklemmen	Schlitzschrauben aus Isolierstoff*)
2,6	4	3	4	—	—
3	5	4	5	—	—
3,5	8	5,5	8	—	—
4	12	7	12	—	—
5	20	10	20	—	—
6	25	14	25	14	5
8 und darüber	35	18	35	21	12

*) Sofern die Schlitzlänge im Schraubenkopf nicht größer als der Gewindedurchmesser ist.

Befestigungen in Isolierstoff-Muttergewinde müssen ein zehnmaliges Festziehen mit $^2/_3$ der Drehmomente nach Tafel VI und vollständiges Lösen aushalten. Bei Schrauben, deren Muttergewinde aus Isolierstoff besteht, ist die Schraube jedesmal herauszuschrauben.

Dabei dürfen keine für die weitere Verwendung der Prüflinge nachteiligen Veränderungen entstehen.

§ 16

Zugentlastung und Verdrehungsschutz

Tafel VII

Nennstrom A	Gewicht in kg
6	6
10	8
15	8
25	10
60	12
100	20

a) Zur Prüfung der Zugentlastung sind Leitungen mit dem größten und kleinsten Außendurchmesser der in § 8, Tafel I, festgelegten Leiterquerschnitte zu verwenden (siehe Tafel VIII).

Tafel VIII

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Leiterquerschnitt mm²		Leitungsdurchmesser in mm der Leiterquerschnitte mm²								
Leitungstyp	Anzahl der Adern	0,75	1	1,5	2,5	4	6	10	16	25
NSA	2	6,4	6,8	7,3	8,7					
	3	6,8	7,2	7,7	10,5					
NLG	2	5,8								
NLH	2	6,2								
NMH	2	7,5	8,5	9,5	12,0	13,5	16			
	3	8	9	10	12,5	14,5	17			
	4	9	9,5	11	14	15,5	18,5			
	5	10,5	11	12	15,5	17	20,5			
NSH	2	—	—	13,5	16	17,5	20	24	27	31
	3	—	—	14,5	17	18	21	25	28	33
	4	—	—	15,5	18	19,5	22	27	30	36

Die Leitungsadern sind von den Klemmen zu lösen. Sofern es sich um umflochtene Leitungen handelt, können abgebundene Enden verwendet werden. Die Abbindung darf jedoch nur dazu dienen, ein Auseinanderspleißen der Außenumflechung zu verhindern.

Die Prüfung der Zugentlastung ist nach VDE 0470/V. 41, § 9, durchzuführen. Es sind insgesamt 50 Hübe, ein Hub je Sekunde, bei einem Gesamtgewicht gemäß Tafel VII, auszuführen.

Nach der Prüfung darf keine Beschädigung der Leitung oder ihrer Umhüllung durch die Zugentlastungsvorrichtung aufgetreten sein und die Leitung sich um nicht mehr als 2 mm in der Einführungsöffnung verschoben haben.

b) Zur Prüfung des Verdrehungsschutzes sind Leitungen mit dem größten und kleinsten Außendurchmesser der in § 8, Tafel I, festgelegten Leiterquerschnitte zu verwenden (siehe Tafel VIII).



Die Prüfung des Verdrehungsschutzes ist nach VDE 0470/ V. 41, § 10, mit einem Drehmoment nach Tafel IX 1 min auszuführen.

Tafel IX

Querschnitt der Anschlußschnur mm²	Drehmoment gcm
bis 1,5	2500
über 1,5 bis 6	3750
über 6	5000

Nach der Prüfung dürfen sich die Leitungsenden in den Klemmen des Prüflings nicht verlagert haben.

§ 17

Schutzwendel

a) Zur Prüfung der metallenen Schutzwendeln von Steckvorrichtungen bis 10 A ist die Steckvorrichtung ohne Zuleitung in einer Prüfvorrichtung nach Bild 6 zu prüfen. Die Wendel

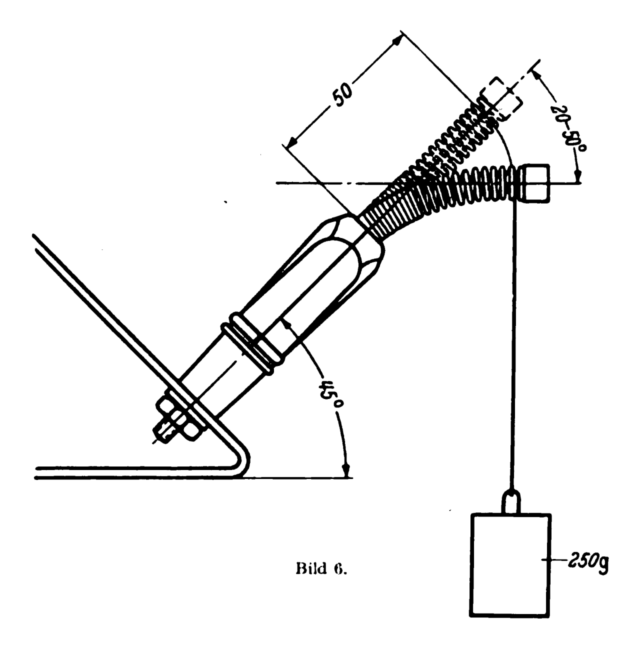


Bild 6.

ist in einem Abstand von 50 mm — von der Austrittsstelle aus gemessen — mit 250 g zu belasten. Bei dieser Belastung muß das freie Ende der Wendel in einem Winkel zwischen 20 und 50° gegenüber der Ausgangsstellung liegen.

Zur Prüfung der Schutzwendel auf Abreißen ist die Steckvorrichtung ohne Zuleitung so anzuordnen, daß die Schutzwendel senkrecht nach unten gerichtet ist. Dann ist die Schutzwendel 30 s mit 5 kg zu belasten. Hierbei darf die Schutzwendel nicht herausreißen.

§ 18

Wärmesicherheit

a) Gerätestecker, Gerätesteckdosen, Stecker und Kupplungsdosen mit Ausnahme der Warmgerätesteckdosen und Steckvorrichtungen aus Weichgummi [siehe c)] sind nach VDE 0470/ V. 41, § 4, mit einer Belastung *P* gleich dem Eigengewicht, mindestens aber 100 g, zu prüfen. Die Prüftemperatur beträgt 100°, die Prüfdauer 6 h, das Maß *a* (nach VDE 0470) 50 mm.

b) Nach dem Abkühlen darf die Absenkung höchstens 3 mm sein. Der Berührungsschutz darf nicht beeinträchtigt worden sein. Die Kontaktverbindungen dürfen sich nicht gelockert haben, die Kriech- und Luftstrecken nicht unterschritten sein. Vergußmasse darf nicht so flüssig geworden sein, daß die abgedeckten unter Spannung stehenden Teile freigelegt sind; geringe Lageveränderungen der Vergußmasse sind nicht zu beanstanden.

c) Bezüglich Prüfung der Wärmesicherheit der Weichgummiteile von Steckvorrichtungen siehe § 11c).

V. Sonderbestimmungen

(Die in den §§ 19 bis 24 behandelten Steckvorrichtungen müssen auch den Bestimmungen der §§ 1 bis 18 genügen, soweit nicht abweichende Angaben enthalten sind.)

A. Wand- und Kragensteckdosen

§ 19

a) Klemmen für eindrähtige Leiter müssen VDE 0608 „Leitsätze für Klemmen zum Anschluß von eindrähtigen Aluminiumleitern mit Querschnitten bis 16 mm²" entsprechen.

b) Wand- und Kragensteckdosen bis 25 A müssen so eingerichtet sein, daß die Leitungen ohne besonderes Zurichten (z. B. Biegen einer Öse) nach dem Anbringen des Sockels auf der Unterlage vorderseitig an die Klemmen angelegt und angeschlossen werden können.

Die Schrauben der Klemmen müssen von vorn bedient werden können und auch nach Befestigen des Sockels zugänglich bleiben.

c) Bei Wand- und Kragensteckdosen in geschützter Ausführung muß das Anbringen einer Ablauföffnung von etwa 5 mm Durchmesser für Kondenswasser möglich sein. Bei abgedichteten Dosen sind Schrauben und Gewindelöcher, die durch die Gehäusewand hindurchgehen, unzulässig.

d) Die Leitungseinführungsöffnungen der Dosen in abgedichteter Ausführung müssen so ausgebildet sein, daß die einzuführenden kabelähnlichen Leitungen einwandfrei über der äußeren unverletzten Schutzhülle abgedichtet werden können.

In Wandsteckdosen 10 A 250 V dürfen Schmelzeinsätze nach DIN 49398 eingebaut werden.

e) Schmelzeinsätze müssen gefahrlos ausgewechselt werden können.

f) Wand- und Kragensteckdosen müssen so gebaut sein, daß sie zuverlässig befestigt werden können. Die Befestigungsmittel dürfen nur mittels Werkzeug lösbar sein. Löcher zum Befestigen der Dosen an der Wand dürfen nicht innerhalb des Dosenraumes liegen.

g) Bei Wand- und Kragensteckdosen bis 25 A muß die Anschlußklemme der Schutzleitung, falls sie an der Außenseite angebracht ist, für den Anschluß von mindestens 4 mm² Leiterquerschnitt bemessen sein.

h) Wand- und Kragensteckdosen mit Isoliergehäusen in geschützter, abgedichteter und druckwasserdichter Ausführung, in die mehr als eine Leitung eingeführt werden kann, müssen im Innern des Gehäuses eine Schraubklemme zur Verbindung der Schutzleitungen haben.

i) In Wand- und Kragensteckdosen mit Schutzkontakt dürfen nur die dazu gehörigen genormten Stecker verwendbar sein.

B. Stecker

§ 20

a) Bunde, Muttern oder andere mit den Steckerstiften in leitender Verbindung stehende Metallteile dürfen nicht aus der Stirnseite des Steckers herausragen. In der Stirnfläche sind solche Teile versenkt liegend nur zulässig, wenn ein Hervortreten aus der Stirnfläche des Steckers sicher verhindert ist und die in § 9 vorgeschriebenen Kriechstrecken gegen nicht isolierte Gehäuseteile der Steckdose eingehalten werden.

b) Die Anschlußstellen der Stecker müssen abgedeckt sein.

c) In Steckern bis 10 A 250 V dürfen Schmelzeinsätze nach DIN 49398 eingebaut werden.

In Steckern mit Schutzkontakt muß die Absicherung 2polig erfolgen.

d) Schmelzeinsätze müssen ohne Zerlegen des Steckers gefahrlos ausgewechselt werden können.

C. Gerätesteckvorrichtungen

(Bestimmungen für Warmgerätesteckvorrichtungen siehe §§ 22 und 23.)

§ 21

a) Schalter in Gerätesteckdosen müssen VDE 0632 „Vorschriften für Schalter bis 750 V 60 A" entsprechen.

Temperaturregler und Temperaturbegrenzer dürfen in Gerätesteckdosen nicht eingebaut werden.

b) Gerätesteckdosen mit Schutzkontakt müssen so ausgebildet sein, daß sie in die DIN 49490 bzw. 49493 entsprechenden Schutzkragen ein- und ausgeführt werden können, ohne daß ein Festklemmen der Schutzkontaktstücke in den zugelassenen Aussparungen bzw. Ausbeulungen des Schutzkragens die Betätigung beeinträchtigt.

c) Die Schutzkontaktstücke der Gerätesteckdosen nach DIN 49490 und 49493 müssen in ihrer Bewegung nach außen begrenzt sein.

d) Gerätesteckdosen nach DIN 49490 und 49493 müssen so gebaut sein, daß überlaufende Flüssigkeit bei ordnungs-



mäßigem Gebrauch nicht an unter Spannung stehende Teile gelangen kann.

e) Schutzkragen der Gerätestecker dürfen nicht durch die Steckerstifte befestigt werden.

f) Zweipolige Gerätesteckvorrichtungen 6 und 10 A sind nach DIN 49493 und 49490 auszuführen. Falls der in den Schutzkragen des Gerätesteckers einzuführende Teil mit einem Metallmantel versehen ist, muß dieser mindestens 3 mm von der Stirnfläche der Gerätesteckdose zurückliegen.

g) Bunde an Steckerstiften müssen so ausgeführt sein, daß die vorgeschriebenen Kriechstrecken nach § 9 zwischen den Bunden und dem Schutzkontakt bzw. dem Metallmantel auf dem Unterteil der Gerätesteckdose eingehalten werden.

D. Warmgerätesteckvorrichtungen nach DIN 49490

§ 22

Baubestimmungen

a) Außer den Bestimmungen nach § 21 gelten für Warmgerätesteckdosen nach DIN 49490 die Bestimmungen unter b) bis d).

b) Leitungen dürfen nicht unmittelbar an den Kontakthülsen der Gerätesteckdosen angeschlossen werden. Zum Anschluß ist ein mit der Kontakthülse verbundenes Anschlußstück (Fahne oder dergleichen) zu benutzen.

c) Von der Aderverzweigungsstelle ab müssen die Leitungsadern derart geführt sein, daß sie weder miteinander noch mit dem Schutzleiter in Berührung kommen.

d) Griffflächen müssen aus Isolierstoff bestehen.

§ 23

Prüfung

a) Reihenfolge der Prüfungen für Gerätesteckdosen nach DIN 49490:

1. Vorbehandlung nach b),
2. Temperatur an der Aderverzweigungs- und Leitungsanschlußstelle nach c),
3. Kraft zum Abziehen der Gerätesteckdose nach d),
4. Federung im warmen Zustand nach e),
5. Isolation wie § 12,
6. Schaltleistung. Verhalten im Gebrauch wie § 14,
7. Berührungsschutz wie § 13,
8. Federung im erkalteten Zustand wie § 23e),
9. Zugentlastung und Verdrehungsschutz wie § 16,
10. Schutzwendel wie § 17,
11. Mechanische Sicherheit wie § 15.

b) Vorbehandlung

Die Gerätesteckdosen sind nach VDE 0470/V. 41, § 15, vorzubehandeln. Die Temperatur der Steckerstifte ist 100 h auf 180 ± 5° zu halten.

c) Temperaturen an der Aderverzweigungs- und Leitungsanschlußstelle

Die bei der Vorbehandlung gemäß b) auftretende Höchsttemperatur darf an der Aderverzweigungsstelle 90°, an den Leitungsanschlußstellen 120° nicht überschreiten.

d) Kraft zum Abziehen der Gerätesteckdose

Die Prüfung ist zuerst bei einer Temperatur der Steckerstifte gleich der Raumtemperatur von 20 + 5° und dann nach einstündiger Beheizung der Gerätesteckerstifte auf 180 ± 5° nach VDE 0470/V. 41, § 13, mit einem Gesamtgewicht von 6000 g und einem Teilgewicht von 500 g durchzuführen.

e) Federung im warmen Zustand und im erkalteten Zustand

An der vom warmen Gerätestecker abgezogenen Warmgerätesteckdose ist innerhalb 1 min die Prüfung der Federung der Kontakthülsen vorzunehmen. Ein Lehrdorn mit einer Meßlänge von 17 mm und einem Durchmesser von 5,92 mm muß in jeder Kontakthülse mit 0,5 kg Belastung gehalten werden. Im erkalteten Zustand muß die gleiche Prüfung bestanden werden.

E. Geräteanschlußleitungen und Verlängerungsschnüre

§ 24

a) Der Nennstrom der Stecker muß dem Nennstrom der Kupplungsdosen und Gerätesteckdosen entsprechen.

b) Leitungen müssen VDE 0250 „Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen" entsprechen.

c) Schnurschalter müssen VDE 0632 „Vorschriften für Schalter bis 750 V 60 A" entsprechen. Der Nennstrom des Schnurschalters muß dem Nennstrom der Gerätesteckdose entsprechen.

d) Stecker, Gerätesteckdose und Schnurschalter müssen ordnungsgemäß an der Anschlußschnur angebracht sein.

e) Geräteanschlußleitungen und Verlängerungsschnüre müssen haltbar und sichtbar ein Ursprungszeichen tragen, das den Hersteller erkennen läßt. Ursprungs- und VDE-Zeichen auf dem Stecker, der Kupplungsdose oder der Gerätesteckdose genügen nicht.

f) Bei Geräteanschlußleitungen und Verlängerungsschnüren, die mit Stecker, Gerätesteckdose und Kupplungsdose ein unteilbares Ganzes bilden (z. B. aus Weichgummi), genügt das Ursprungszeichen auf einem dieser Teile.

Vorschriften für Schalter bis 60 A 750 V

DK 621.316.542(083.133)

VDE 0632/V.41

Inhaltsübersicht

I. Gültigkeit

§ 1

Geltungsbeginn

a) Diese Vorschriften treten am 1. Juli 1941 in Kraft[1]).

[1]) Genehmigt durch den Vorsitzenden des VDE im Mai 1941.

Für die Herstellung gelten daneben die bisherigen Vorschriften VDE 0610/XII.40 und 0630/1937 bis zum 31. Dezember 1942.

Für die Verwendung bleiben solche Erzeugnisse, die bis zu diesem Termin nach früheren VDE-Bestimmungen fertiggestellt sind, auch weiterhin zulässig, wenn ihre Verwendung nicht ausdrücklich durch eine VDE-Vorschrift für unzulässig erklärt ist.

§ 2

Geltungsbereich

a) Diese Vorschriften gelten für Schalter zur Verwendung in Anlagen mit Betriebsspannungen über 42 V bis 750 V und für Nennströme bis 60 A (z. B. Drehschalter, Kippschalter, Druckknopfschalter, Zugschalter sowie Schalter, die durch Fingerdruck, Gewichtsbelastung oder Lageänderung im Einschalt- oder Ausschaltzustand gehalten werden) und Lichtdrücker.

b) Anlaß- und Steuerschalter, Steuerdruckknopfschalter, Trennschalter, Meßumschalter, Zellenschalter, fernbetätigte Schalter sowie Selbstschalter und Schalter, deren Betätigung durch elektrische, magnetische oder Wärmeeinwirkung erfolgt, unterliegen nicht diesen Vorschriften (siehe VDE 0641 „Leitsätze für Leitungsschutzschalter bis 25 A 380 V", VDE 0650 „Regeln für die Bewertung und Prüfung von Anlassern und Steuergeräten" sowie VDE 0660 „Regeln für die Konstruktion, Prüfung und Verwendung von Schaltgeräten bis 500 V Wechselspannung und 3000 V Gleichspannung").



c) Für schlagwettergeschützte Schalter gilt VDE 0170 „Vorschriften für die Ausführung schlagwettergeschützter elektrischer Betriebsmittel".

d) Für explosionsgeschützte Schalter gilt VDE 0171 „Vorschriften für die Ausführung explosionsgeschützter elektrischer Betriebsmittel".

II. Begriffe

§ 3

a) Nennspannung ist die Spannung, für die der Schalter gebaut und benannt ist.

b) Nennstrom ist der Strom, für den der Schalter gebaut und benannt ist.

c) Kriechstrecke ist der kürzeste Weg längs der Oberfläche eines Isolierteils
zwischen unter Spannung stehenden Teilen oder
zwischen unter Spannung stehenden Teilen einerseits und Erde oder der Berührung zugänglichen Stellen und Metallteilen andererseits.

d) Luftstrecke ist der kürzeste Luftabstand
zwischen unter Spannung stehenden Teilen oder
zwischen unter Spannung stehenden Teilen einerseits und Erde oder der Berührung zugänglichen Stellen und Metallteilen andererseits.

e) Schutzleitung ist der Sammelbegriff für die leitende Verbindung zwischen dem zu schützenden Gerät und dem Erder (bei Erdung), dem Nulleiter (bei Nullung), oder dem Schutzschalter (bei Schutzschaltung).

f) Als Schaltwerk gelten alle zur Bewegung der Stromschlußstücke dienenden Teile (z. B. Achse, Spannfeder, Kniehebel, Kippgesperre, Riegel, Raste, Walze) mit Ausnahme der den Stromschluß bewirkenden Metallteile.

g) Hauptteil ist der Träger der die Stromunterbrechung bewirkenden Teile einschließlich aller mit ihm fest verbundenen Teile, wie Klemmen u. dgl.

h) Isolierstoff ist der Sammelbegriff für alle isolierenden Werkstoffe, wie z. B. keramische Isolierstoffe, nichtkeramische Isolierpreßstoffe, Glimmer, Hartpapier usw.

i) Installationsschalter sind Schalter, die für den Einbau in festverlegte Leitungen bestimmt sind.

k) Geräteschalter sind Schalter, die in und an Geräten oder Gerätesteckdosen verwendet werden, auch Schnurschalter in und an beweglichen Leitungen.

l) Lichtdrücker bewirken einen kurzzeitigen Stromschluß; ihr Schaltwerk einschließlich der Stromschluß bewirkenden Metallteile geht nach der Betätigung (Loslassen des Betätigungsteiles) von selbst in die Ausgangsstellung zurück.

m) Warmschalter sind Schalter, die betriebsmäßig bei Temperaturen von mehr als 60° verwendet werden können. [Kennzeichnung T siehe § 4b).]

n) Hinsichtlich der Schutzart werden unterschieden:

Schutzart O: Ausführung ohne Abdeckung (ohne Berührungsschutz),
„ A: Abgedeckte Ausführung (nicht wassergeschützt),
„ B: Geschützte Ausführung (tropfwassergeschützt),
„ C: Abgedichtete Ausführung.

o) Für die verschiedenen Schalterbezeichnungen gilt DIN 49290 „Dosenschalter, Schalterbezeichnungen".

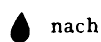
III. Bestimmungen

§ 4

Aufschriften

a) Aufschriften müssen dauerhaft und gut leserlich sein.

b) Nachstehende Aufschriften müssen auf dem Hauptteil des Schalters so angebracht sein, daß sie möglichst am eingebauten und angeschlossenen Schalter, bei lösbarer Abdeckung nach deren Entfernen, leicht und deutlich zu erkennen sind:

Ursprungszeichen
Nennstrom
Nennspannung
Stromart (—, ~), falls der Schalter nur für eine Stromart bestimmt ist. (Das Zeichen für die Stromart muß mit den Angaben von Nennstrom und Nennspannung zusammenstehen.)
Bezeichnung der Schutzart [siehe § 3n)]:
Geschützte Ausführung (Kurzzeichen nach DIN 40013)
Abgedichtete Ausführung (Kurzzeichen  nach DIN 40013).

Warmschalter müssen außerdem mit **T** bezeichnet sein.

Werden Abkürzungen verwendet, so ist der Nennstrom mit A, die Nennspannung mit V zu bezeichnen, oder es sind nur Zahlenwerte anzugeben, wobei der Zahlenwert für den Nennstrom vor oder über demjenigen für die Nennspannung stehen muß und von diesem durch einen Strich zu trennen ist.

Die Bezeichnung kann also z. B. sein:

$$15 \text{ A } 250 \text{ V} \sim \text{ oder } 15/250 \sim \text{ oder } \frac{15}{250} \sim .$$

Auf Lichtdrückern kann die Angabe des Nennstromes wegfallen.

Angabe von Nennspannung, Nennstrom, Stromart und des **T**-Zeichens auf abnehmbaren Schalterabdeckungen ist unzulässig.

An Schnurschaltern darf die Angabe der Nennspannung nicht von außen sichtbar sein.

c) Bei Schaltern mit mehr als zwei Anschlußklemmen — mit Ausnahme des Schalters 7 (DIN 49290) — sind die Netzanschlußklemmen durch **P** zu kennzeichnen.

d) Die Anschlußstelle für die Schutzleitung ist durch das Schutzzeichen nach DIN 40011 zu kennzeichnen.

e) Isolierteile aus nichtkeramischen, gummifreien Isolierpreßstoffen nach VDE 0320 müssen, soweit es technisch ausführbar ist, das vom Staatlichen Materialprüfungsamt, Berlin-Dahlem, erteilte Überwachungszeichen nach DIN 7702 tragen, das gleichzeitig Herkunft und Typ erkennen läßt.

§ 5

Nennspannung, Nennstrom, Stromart

a) Als normale Nennspannungen gelten: 250, 500 (gilt auch für 550 V) und 750 V, für Wechsel- und Drehstrom außerdem 380 V.

b) Die kleinste Nennspannung für Schalter ist 250 V.

c) Als normale Nennströme gelten: 1, 2, 4, 6, 10, 15, 25 und 60 A.

d) Für Installationsschalter 250 V ist der kleinste Nennstrom 6 A (gilt nicht für Lichtdrücker).

e) Lichtdrücker dürfen nur für 250 V und müssen für mindestens 60 W gebaut sein.

f) Schnurschalter dürfen nur für 250 V gebaut sein und sind nur für Nennströme bis einschließlich 10 A zulässig.

g) Ein- und zweipolige Schalter bis 10 A 250 V müssen für Gleich- und Wechselstrom gebaut sein.

§ 6

Normen

a) Für Schalter gelten folgende Normen[2]):

DIN	7702	Überwachungszeichen für typisierte Preßmassen und Preßstoffe,
„	40011	Erdungszeichen, Schutzzeichen,
„	40013	Schutzartzeichen für Installationsgeräte,
„	40430	Stahlpanzerrohrgewinde, Gewindeform,
„	46200	Anschlußbolzen für Stromstärken bis 1000 A,
„	46206	Kopfkontaktschrauben für Stromstärken bis 2000 A,
„	46250	Einführungsöffnungen für Schalter und Steckdosen in abgedeckter Ausführung[3]),
„	49040	Stopfbuchsverschraubungen aus Metall,
„	49041	Stopfbuchsverschraubungen aus Isolierpreßstoff,
„	49070	Unterputzdosen aus Isolierstoff für Schalter und Steckdosen,
„	49072	Unterputzdosen aus verbleitem Stahlblech für Schalter und Steckdosen[3]),
„	49075	Abdeckplatten und Einsätze für Schalter und Steckdosen[3]),
„	49100	Mittenabstände für Sockel-Befestigungslöcher[3]),
„	49280	Schalter 9 für Vollherde,
„	49290	Schalter, Schalterbezeichnungen.

b) Die in den Normblättern nach a) mit einem Stern gekennzeichneten Maße und Angaben müssen eingehalten werden.

c) Nicht genormte Ausführungen und Bauteile dürfen mit genormten nicht verwechselbar sein, wenn hierdurch die Sicherheit beeinträchtigt wird.

§ 7

Allgemeine Bauvorschriften

a) Teile aus nichtkeramischen, gummifreien Isolierpreßstoffen müssen aus einem vom Staatlichen Materialprüfungsamt, Berlin-Dahlem, überwachten Typ bestehen.

b) Schrauben, die Kontakt vermitteln, müssen aus Metall bestehen und in metallenes Muttergewinde eingreifen.

---

[2]) Im folgenden sind überall Normblattnummern der 40000er Reihe angegeben, auch wenn die Blätter noch die bisherige DIN VDE-Bezeichnung tragen.

[3]) In Vorbereitung.

c) Bei Befestigungen in Isolierstoff-Muttergewinde muß das ordnungsmäßige Eingreifen des Schraubengewindes in das Isolierstoff-Muttergewinde beim Einsetzen der Schraube gewährleistet sein. Diese Forderung gilt als erfüllt, wenn z. B. ein übermäßiges Schiefstellen der Schraube vor dem Anziehen durch eine Führung in dem zu befestigenden Teil verhindert wird oder durch eine Einsenkung des Muttergewindes oder durch einen Führungszapfen an der Schraube selbst das richtige Eingreifen des Gewindes erleichtert wird.

d) Schrauben und Muttern, die bei Einbau und Anschluß von Schaltern bedient werden müssen, dürfen nicht zum Befestigen von unter Spannung stehenden Teilen dienen, wenn durch deren Lageänderung die Kriech- und Luftstrecken nach § 11 unterschritten oder die Wirkungsweise des Schalters beeinträchtigt werden können.

e) Kontaktflächen müssen elektrisch gut leitend und so beschaffen sein, daß ein die Sicherheit beeinträchtigendes Ansteigen des Kontaktwiderstandes, z. B. durch Oxydbildung, verhindert wird.

f) Bei Schaltern in geschützter Ausführung muß das Anbringen einer Ablauföffnung von etwa 5 mm Durchmesser für Kondenswasser möglich sein.

Bei Schaltern in abgedichteter Ausführung sind Schrauben und Gewindelöcher, die durch die Gehäusewand hindurchgehen, unzulässig.

g) Der Raum für die anzuschließenden Leitungen muß so bemessen sein, daß die Leitungen ordnungsmäßig angeschlossen werden können und die Wirkungsweise des Schalters hierdurch nicht beeinträchtigt wird.

Die Anschlußleitungen dürfen durch sich bewegende Teile des Schalters nicht beschädigt werden können.

h) Einführungsöffnungen für Leitungen müssen so ausgebildet sein, daß die Schutzumhüllungen der Leitungen (Gummihülle, Beflechtung, Mäntel der Rohrdrähte, Rohre usw.) mit in den Schalter eingeführt werden können.

Die Leitungseinführungsöffnungen der Schalter in abgedichteter Ausführung müssen so ausgebildet sein, daß die einzuführenden kabelähnlichen Leitungen einwandfrei über der äußeren unverletzten Schutzhülle abgedichtet werden können.

i) Um die Isolierung der Leitungen nicht zu gefährden, dürfen Kanten keinen Grat haben.

k) Bei Schnurschaltern muß die Einführungsstelle für die beweglichen Leitungen so abgerundet sein, daß scharfe Knickungen verhindert werden.

l) Schalter müssen so gebaut sein, daß sie zuverlässig befestigt werden können.

m) Schalter für schmiegsame Elektrowärmegeräte (Heizkissen)[4]) müssen so ausgebildet sein, daß das Eindringen von Staub besonders erschwert ist. Zusätzliche Abdeckungen der Unterbrechungsstellen müssen zuverlässig befestigt und zweckmäßig so eingerichtet sein, daß sie beim Leitungsanschluß nicht entfernt zu werden brauchen.

§ 8

Leitungsanschlüsse

a) Klemmen für eindrähtige Leiter müssen VDE 0608 „Leitsätze für Klemmen zum Anschluß von eindrähtigen Aluminiumleitern mit Querschnitten bis 16 mm²" entsprechen.

b) Klemmen müssen als Schraubklemmen ausgebildet sein, die nur mittels Werkzeug bedienbar sind.

Geräteschalter für 250 V, an die die Zuleitung vom Netz nicht unmittelbar angeschlossen werden soll, können auch für Lötanschluß eingerichtet sein.

c) Klemmen müssen so beschaffen sein, daß die Leitungen mit genügendem Kontaktdruck ohne unzulässige Beschädigung des Leiters oder der Unterlage angeschlossen werden können.

Das Ausweichen der Leiter muß zuverlässig verhindert sein.

d) Die Schrauben der Klemmen bei Installationsschaltern müssen von vorn bedient werden können und auch nach Befestigen des Sockels zugänglich bleiben. Die Lage der Leitungen darf sich beim Anziehen der Schrauben nicht unzulässig ändern.

e) Schalter müssen so eingerichtet sein, daß Leitungen ohne besonderes Zurichten (z. B. Biegen einer Öse) nach dem Anbringen des Sockels auf der Unterlage vorderseitig an die Klemmen angelegt und angeschlossen werden können.

[4]) Siehe VDE 0725 „Vorschriften für schmiegsame Elektrowärmegeräte".

f) Die Klemmen müssen den Anschluß von Leitungen gemäß Tafel I gestatten.

Tafel I

Nennstrom A	Leiterquerschnitt mm²
unter 6	0,75 ··· 1
6 und 10	1 ··· 2,5
15	1,5 ··· 4
25	4 ··· 10
60	10 ··· 25
für Schnurschalter	
bis 6	0,75
„ 10	0,75 und 1

g) Die Anschlußklemme für die Schutzleitung muß für den gleichen Querschnitt wie die Anschlußklemme der Zuleitung bemessen und als Schraubklemme ausgebildet sein. Außen liegende Anschlußklemmen für die Schutzleitung müssen für den Anschluß von mindestens 4 mm² Leiterquerschnitt bemessen sein.

h) Bei Schnurschaltern müssen die Leitungen an der Anschlußstelle von Zug und Schub entlastet, die Leitungsumhüllung gegen Abstreifen und die Leitungsadern gegen Verdrehen gesichert werden können. Die Art der Ausführung der Zugentlastung muß leicht erkennbar sein. Teile der Vorrichtung für die Zugentlastung und den Verdrehungsschutz dürfen nicht unter Spannung stehen. Lose eingelegte Teile zur Herstellung der Zugentlastung und des Verdrehungsschutzes sind unzulässig.

§ 9

Betätigungsvorrichtungen

a) Griffe, Knebel und Drücker müssen aus Isolierstoff bestehen; Metalleinlagen sind zulässig. Übertragungsteile an Zug- und Stangenschaltern müssen, wenn sie nicht aus Isolierstoff bestehen, von den Metallteilen des Schaltwerks isoliert sein.

Griffe, Knebel, Drücker und Zughebel dürfen nur mittels Werkzeug entfernbar sein.

b) Bei Schaltern für Steckschlüsselbetätigung muß die Angriffstelle für den Steckschlüssel, auch wenn er aus Isolierstoff besteht, von den Metallteilen des Schaltwerks isoliert sein.

c) Drehschalter sind so auszubilden, daß ein Anhängen von Gegenständen an den Griff erschwert ist.

§ 10

Schaltstellung

(Gilt nicht für Lichtdrücker.)

a) Schalter müssen gesicherte Schaltstellungen der Stromschlußteile haben.

b) Bei mehrpoligen Schaltern und bei Schaltern für Nennspannungen über 250 V muß mindestens eine Schaltstellung erkennbar sein. Zugschalter sowie Schalter 6 und 7 fallen nicht unter diese Vorschrift. Die Übereinstimmung der Stellung der Stromschlußteile mit der äußeren Kennzeichnung der Schaltstellung muß zwangläufig sein.

c) Bei Kennzeichnung durch Ziffern oder Zeichen ist die Ziffer **0** oder das Zeichen ◯ als Kennzeichnung für die Ausschaltstellung, das Zeichen **I** (Strich) oder **I** für die Einschaltstellung zu verwenden*). Bei farbiger Kennzeichnung der Schaltstellung muß bei eingeschaltetem Schalter Rot sichtbar sein*).

d) Bei Druckknopfbetätigung genügt zur Kennzeichnung der Einschaltstellung ein genügend erkennbares Zurücktreten des Einschaltknopfes.

e) Bei Geräteschaltern für stufenweises Einschalten müssen die Schaltstellungen auf der Abdeckung durch Wörter, Ziffern oder Zeichen gekennzeichnet sein. Bei Anwendung von Ziffern muß der Schaltstellung der größeren Stromstärke die höhere Ziffer und der Ausschaltstellung die Ziffer **0** entsprechen. Bei Zeichen ist sinngemäß zu verfahren.

f) Schalter für schmiegsame Elektrowärmegeräte (Heizkissen)**) müssen allpolig abschalten. Umschalter müssen so gebaut sein, daß die Schaltbewegung in den Endstellungen begrenzt wird. In den beiden Endstellungen muß der Schalter den Stromkreis unterbrechen oder in einer der beiden Endstellungen unterbrechen und in der anderen die kleinste Stromstufe eingeschaltet lassen.

*) Vgl. DIN 43605.
**) Siehe VDE 0725 „Vorschriften für schmiegsame Elektrowärmegeräte".

§ 11

Kriech-, Luftstrecken und Abstände

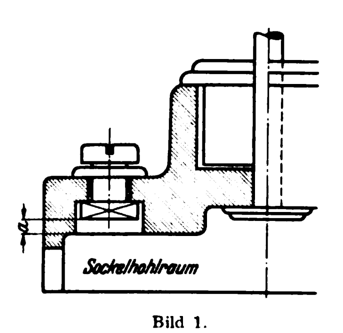


Bild 1.

a) Die Kriech- und Luftstrecken bzw. Abstände nach Tafel II dürfen nach ordnungsmäßigem Anschluß der Leitungen des größtzulässigen Querschnitts nach § 8f) nicht unterschritten werden.

b) Kriech- und Luftstrecken müssen auch gegenüber den Befestigungsschrauben für den Sockel eingehalten werden, und zwar unter Berücksichtigung von Schrauben nach DIN 84.

Tafel II

Nennspannung V	250 u. 380	500	750
1. Kriechstrecke . . . . mm	3	5	8
2. Luftstrecke zwischen unter Spannung stehenden Teilen und Schaltwerk oder Achse, falls isoliert . . . . mm	2	4	5
3. Luftstrecke bei Aufputzschaltern zwischen unter Spannung stehenden Teilen einerseits und Metallabdeckungen oder Metallgehäusen (falls diese nicht isoliert ausgekleidet sind) oder der Wand andererseits . . . . mm	6	10	12
4. Sonstige Luftstrecken. . . . . mm	3	4	5
5. Abstand zwischen unter Spannung stehenden Teilen und der oberen Begrenzungsfläche des Hohlraumes im Sockel (z. B. *a* in Bild 1) . . . . . . mm	3	4	5
6. Abstand unter Spannung stehender Teile, die mit Vergußmasse abgedeckt sind, gegen die Wand, wobei die Dicke der Vergußschicht mindestens 2,5 mm betragen muß . . . . mm	4	5	7

§ 12

Berührungsschutz

a) Unter Spannung stehende Teile sowie Metallteile des Schaltwerks müssen im Gebrauchszustand des Schalters der zufälligen Berührung entzogen sein.

b) Lackierung, Emaillierung und Oxydierung von Metallteilen gilt nicht als Isolierung im Sinne des Berührungsschutzes.

c) Metallteile des Schaltwerks, die bei Schadhaftwerden der Betätigungsvorrichtung berührt werden können, müssen von unter Spannung stehenden Teilen isoliert sein.

d) Zwischen dem Schaltwerk und den damit verbundenen Metallteilen einerseits und berührbaren Metallteilen sowie einer ebenen Unterlage des Sockels und Befestigungsschrauben für Schaltereinsätze zur Unterputzverlegung andererseits dürfen die Kriech- und Luftstrecken nach § 11 nicht unterschritten sein.

e) Abdeckungen dürfen nur mittels Werkzeug entfernbar, ihre Befestigungsmittel müssen von unter Spannung stehenden Teilen isoliert sein. Stehen die Befestigungsmittel mit dem Schaltwerk in leitender Verbindung, müssen auch sie der zufälligen Berührung entzogen sein.

f) Metallgehäuse und -abdeckungen, die der Berührung zugänglich sind, müssen zum Anschluß einer Schutzleitung eingerichtet oder mit einer haltbaren Isolierschicht ausgekleidet sein, die den Prüfungen nach § 14 genügen muß.

Bestehen Metallabdeckungen aus mehreren Teilen, so müssen sie leitend miteinander verbunden sein. In die Wand einzulassende Gehäuse aus Metall sind ohne Schutzleitungsanschluß zulässig, wenn ihre Vorderseite mit Isolierstoff abgedeckt wird.

Kleinere Metallteile, z. B. Schrauben zur Befestigung von Abdeckungen, brauchen nicht mit der Anschlußstelle für die Schutzleitung verbunden zu sein.

g) Schalter mit geschützten und abgedichteten Isoliergehäusen mit mehr als einer Leitungseinführungsstelle müssen im Innern des Gehäuses eine Klemme zur Verbindung der Schutzleitungen haben.

h) Geräteschalter sind so auszuführen, daß bei ordnungsgemäßem Einbau in ein Gerät die vorstehenden Bestimmungen erfüllt werden können.

IV. Prüfung

§ 13

Reihenfolge und Bewertung der Prüfungen

a) Die Prüfungen nach §§ 14 bis 18 sind an vier Prüflingen in der Reihenfolge der Paragraphen vorzunehmen. Die Prüfung gilt als bestanden, wenn von den vier Prüflingen mindestens drei die Prüfung bestehen.

Die Prüfung nach § 19 ist an einem fünften Prüfling auszuführen.

b) Nach den Prüfungen darf die Sicherheit nicht beeinträchtigt sein, z. B. dürfen sich keine Teile gelockert haben, müssen Maße für Kriech- und Luftstrecken beibehalten und Leitungen unbeschädigt sein.

c) Alterung von Dichtmitteln siehe § 14 c).

§ 14

Isolation

a) Schalter ohne Abdeckung (Einbauschalter) und in abgedeckter Ausführung

Die Prüflinge sind bei offenen Leitungseinführungsöffnungen mindestens 4 h bei einer Temperatur von 20 + 5°, danach 24 h bei einer Temperatur von 30 ± 2° und einer relativen Luftfeuchtigkeit von etwa 90% zu lagern. Die Luftfeuchtigkeit ist nach VDE 0308 (spezifisches Gewicht der Lösung 1,12 ± 0,5%) zu erzeugen. Der Abstand der Prüflinge von den Wänden und der Decke des Prüfraumes muß mindestens 75 mm betragen.

Unmittelbar nach dem Lagern ist eine praktisch sinusförmige Wechselspannung von 50 Per/s und

2000 V (Effektivwert) bei 250 und 380 V Nennspannung
2500 V ,, ,, 500 V ,,
3000 V ,, ,, 750 V ,,

1 min an die zu prüfenden Teile zu legen.

Zur Prüfung ist ein Transformator mit einer Nennleistung von mindestens 100 VA zu benutzen. Die Spannung ist vom halben Wert zum Endwert stetig oder in einzelnen Stufen von je etwa 5% der Endspannung zu steigern.

Die Prüfspannung ist anzulegen:

1. in eingeschalteter Stellung
   - zwischen unter Spannung stehenden Teilen und
     - den Sockel- und Abdeckungsbefestigungsschrauben,
     - dem Metallgehäuse oder, falls das Gehäuse nicht aus Metall besteht, einer unter den Schalter gelegten Metallplatte,
     - dem Träger des Betätigungsteiles (z. B. der Achse),
   - zwischen dem Träger des Betätigungsteiles und
     - dem Metallgehäuse oder, falls das Gehäuse nicht aus Metall besteht, einer unter den Schalter gelegten Metallplatte,
   - bei mehrpoligen Schaltern zwischen den Polen.
2. in ausgeschalteter Stellung
   - zwischen Zuleitung und Ableitung,
   - zwischen dem mit Metallbelag umhüllten Betätigungsteil und dessen Träger.
3. Bei Metallgehäusen oder -abdeckungen mit Isolierauskleidung zwischen Metallgehäuse oder -abdeckung und einem auf der Auskleidung angebrachten Metallbelag.

Bei der Prüfung darf weder Durchschlag noch Überschlag auftreten.

Der Ableitstrom darf folgende Werte nicht überschreiten:

1,00 mA bei einer Prüfspannung von 2000 V
1,25 ,, ,, ,, ,, ,, 2500 V
1,50 ,, ,, ,, ,, ,, 3000 V

b) Schalter in geschützter Ausführung

Nach Verschließen der Öffnungen für die Einführung der Leitungen oder Rohre sind die Schalter in der Gebrauchslage wie folgt zu prüfen:

Auf den Prüfling ist nach VDE 0470/V. 41, § 5, eine Wassermenge von 9 l, und zwar 3 l je Stunde aus einer Fallhöhe von 15 cm tropfen zu lassen.

Nach dieser Beanspruchung darf keine Feuchtigkeit in das Innere der Prüflinge gelangt sein.

Danach sind die Schaltereinsätze nach a) zu prüfen.

c) Schalter in abgedichteter Ausführung

Die Dichtmittel sind vor der Prüfung in einem Wärmeschrank in umlaufender Luft aufzuhängen und 10×24 h un-



unterbrochen einer Temperatur von 70 ± 2° und anschließend 16 h der Raumtemperatur auszusetzen.

Die Öffnungen für die Einführung der Leitungen und Rohre sind unter Verwendung von runden Metallbolzen an Stelle der Leitungen, die dem kleinsten und größten Leitungsaußendurchmesser entsprechen, unter Benutzung der zugehörigen Dichtungsringe abzudichten.

Schraubbuchsen der Stopfbuchsverschraubungen nach DIN 49040 und 49041 sowie Deckelbefestigungsschrauben (Kopfschrauben) sind mit Drehmomenten nach § 17b) anzuziehen.

Die Prüflinge sind 24 h in der Gebrauchslage so unter Wasser von 20 ± 5° zu setzen, daß sie etwa 5 cm vom Wasser überdeckt sind.

Nach dieser Beanspruchung darf keine Feuchtigkeit in das Innere der Prüflinge gelangt sein.

Danach sind die Schaltereinsätze nach a) zu prüfen.

§ 15

Schaltleistung. Verhalten im Gebrauch

a) Die Schalter sind mit dem 1,25fachen des Nennstromes zu belasten. Hierbei darf nach einstündiger Belastung die zusätzliche Erwärmung an den Anschlußklemmen nicht mehr als 45° betragen. Die Temperatur ist mit Schmelzkörpern oder Thermoelementen, nicht mit Thermometern zu messen. Als Schmelzkörper kommt z. B. bei einer Raumtemperatur von 20° Bienenwachs (Schmelzpunkt 63 bis 65°) in Betracht.

b) Die Schalter sind im Gebrauchszustand und in der Gebrauchslage ordnungsmäßig befestigt mit der in Tafel III unter „Schaltleistung" und „Verhalten im Gebrauch" angegebenen Zahl von Stellungswechseln und Belastungswerten zu schalten. Der Schaltvorgang ist bei maschineller Betätigung der natürlichen Betätigung von Hand möglichst anzugleichen.

c) Die Prüfschaltung ist nach Tafel IV auszuführen.

Mit dem Umschalter U sind das Schaltwerk, sofern es von Spannung führenden Teilen isoliert ist, sowie die Befestigungsschrauben und die metallene Aufspannplatte zu verbinden.

Der Umschalter U ist bei ein- und zweipoligen Schaltern nach der Hälfte, bei dreipoligen Schaltern nach je $1/3$ der Stellungswechsel umzulegen.

Bei den Schaltern 6 und 7 ist der Umschalter U nach der halben Zahl der vorgeschriebenen Stellungswechsel, der Umschalter S nach $1/4$ und nach $3/4$ der vorgeschriebenen Zahl der Stellungswechsel umzulegen.

d) Warmschalter sind in einem Wärmeschrank bei 120 ± 5° zu prüfen. Warmschalter bis einschließlich 15 A 250 V bzw. 10 A 380 V sind hierbei nach b) und c) mit der doppelten Zahl von Stellungswechseln zu prüfen.

e) Schalter in und an Gerätesteckdosen sind nach einer Vorbehandlung der Prüflinge von 90 h entsprechend § 23 von VDE 0620/V. 41 „Vorschriften für Steckvorrichtungen bis 100 A 750 V", nach VDE 0470/V. 41, § 6, zu prüfen.

Die Gerätesteckdose ist gegen Bewegung (infolge der Betätigung des Schalters) abzufangen.

f) Im Anschluß an die Prüfungen nach a) bis e) sind die Schalter mit Ausnahme der Schalter 3 sowie der Schalter über 10 A, die nur für Wechselstrom bestimmt sind, wie folgt zu prüfen:

Schalter 1 und 2 sind bei Gleichstrom mit Nennstrom und Nennspannung mit 20 Stellungswechseln zu schalten.

Schalter 4 bis 9 sind bei Gleichstrom mit Nennstrom und Nennspannung mit 40 Stellungswechseln zu schalten. Bei Schalter 5, 8 und 9 ist der Nennstrom im Verhältnis 4 : 1 auf die Stromableitungen zu verteilen. Nach je 20 Stellungswechseln ist die Belastung der Stromkreise zu vertauschen.

Bei Schaltern mit Rechts- und Linksbetätigung sind die angegebenen Stellungswechsel zu gleichen Teilen auf beide Drehrichtungen zu verteilen.

g) Während der Prüfung darf kein Lichtbogen stehenbleiben und kein Überschlag auftreten. Kontaktteile dürfen sich nicht lockern.

h) Im Anschluß an die Prüfungen nach a) bis f) ist die Isolation der Schalter nach § 14, jedoch ohne Feuchtigkeitsbehandlung und mit um 1000 V verringerter Prüfspannung, zu prüfen.

i) Lichtdrücker ohne Nennstromangabe sind bei 250 V Wechselspannung bei Belastung durch eine 60 W-Lampe 20 000 mal (30 Stellungswechsel je min) ein- und auszuschalten.

Lichtdrücker mit Nennstromangabe sind bei 250 V Wechselspannung mit ihrem Nennstrom 20 000 mal (30 Stellungswechsel je Minute) ein- und auszuschalten. Anschließend ist die Isolation nach § 14a) zu prüfen.

Tafel III

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Nennwerte				Prüfwerte						
Nennstrom I_n A	Nennspannung U_n V	Polzahl	Stromart ***)	Prüfspannung	Prüfstrom	Stromart	cos φ	Stellungswechsel gesamt	Stellungswechsel je min I_n bis 15 A	Stellungswechsel je min I_n über 15 A
Schaltleistung										
bis 60	250	1 oder 2	≂	U_n		—	*)			
„ 60	über 250	1 oder 2	~	1,1 U_n		—	*)			
„ 60	„ 250	1 oder 2	≂	1,1 U_n		~	1			
„ 60	bis 750	3	~	1,1 U_n	1,25 I_n	~	0,6	200**)	30	15
über 10	250	1 oder 2	—	U_n		—	*)			
„ 10	über 250	1 oder 2	—	1,1 U_n		—	*)			
„ 10	250	1 oder 2	~	U_n		~	1			
„ 10	über 250	1 oder 2	~	1,1 U_n		~	1			
Verhalten im Gebrauch										
bis 25		1 oder 2	≂			~	1			
„ 25		3	~			~	0,6	20000**)		
über 10 bis 25		1 oder 2	—			—	*)			
„ 10 „ 25		1 oder 2	~			~	1			
über 25	bis 750	1 oder 2	≂	U_n	I_n	~	1		30	15
„ 25		3	~			~	0,6	5000**)		
„ 25		1 oder 2	—			—	*)			
„ 25		1 oder 2	~			~	1			

*) Die Gleichstrombelastungen sollen praktisch induktionsfrei sein.

**) Schalter für Rechts- und Linksdrehung bis 25 A sind in folgender Reihenfolge zu prüfen:
150 Stellungswechsel nach rechts,
50 „ „ links,
15000 „ „ rechts
(nach je 5000 Stellungswechseln ist eine Ruhepause von mindestens 30 min einzulegen),
5000 Stellungswechsel nach links.
Schalter für Rechts- und Linksdrehung über 25 A sind in folgender Reihenfolge zu prüfen:
150 Stellungswechsel nach rechts,
30 „ „ links,
3750 „ „ rechts,
1250 „ „ links.
Schalter, die eine Kombination aus 2 einpoligen Schaltern darstellen, sind wie einpolige Schalter zu prüfen, wobei die beiden einpoligen Schalter jeder für sich nacheinander geprüft werden.

***) Schalter, die sowohl für Gleichstrom als auch für Wechselstrom, und zwar Wechselstrom höherer Nennspannung verwendbar gekennzeichnet sind, werden mit nur je einer der beiden Stromarten bei der zugeordneten Nennspannung an gesonderten Prüflingen geprüft.

Tafel IV

1	2	1	2
Schalterbezeichnung nach DIN 49290	Prüfschaltung	Schalterbezeichnung nach DIN 49290	Prüfschaltung
1	U	6	U, S
2	U	7	U, S
3	U	8*)	U, I_1, I_2
4	U	9*)	U, I_1, I_2
5*)	U, I_1, I_2		

*) Bei den Schaltern 5, 8 und 9 ist die Stromverteilung auf die beiden Belastungswiderstände 4 : 1 (I_1 = 0,8 × Prüfstrom, I_2 = 0,2 × Prüfstrom). Bei den Schaltern 5 ist nach jeweils der Hälfte der in den Prüfvorschriften angegebenen Stellungswechselzahlen die Belastung der beiden Stromkreise zu vertauschen.

§ 16

Berührungsschutz

Nach VDE 0470/V. 41, § 3, ist mit einem Prüfgerät (Ausführung A) festzustellen, daß eine zufällige Berührung unter Spannung stehender Teile nicht möglich ist. Die Prüfung ist an Schaltern ohne Abdeckung nicht durchzuführen.

§ 17

Mechanische Sicherheit

a) Die Prüfung auf mechanische Haltbarkeit ist nach VDE 0470/V. 41, § 7 (Aufschlagstück a) durchzuführen. Dabei sind Aufputzschalter (mit Abdeckung und ordnungsmäßig ausgebrochener größter Einführungsöffnung) auf einer Hartholzpyramide oder -platte nach Bild 2 zu befestigen, Unterputzschalter auf eine Hartholzplatte nach Bild 3 aufzulegen.

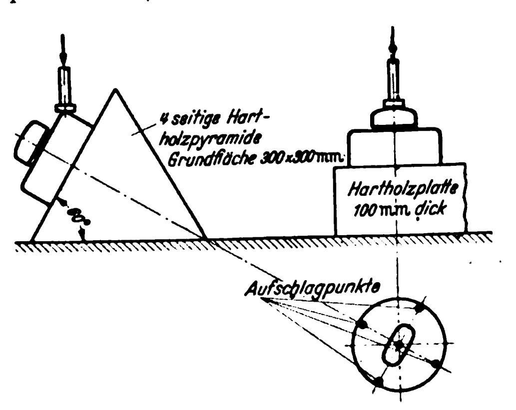


Bild 2. Mechanische Prüfung der Abdeckungen und Betätigungsteile von Aufputzschaltern.

Bei Aufputzschaltern sind vier Schläge auf die Kappen, und zwar je ein Schlag an vier auf den Umfang möglichst gleichmäßig verteilten Stellen und ein Schlag auf das Betätigungsteil (Bild 2) auszuführen.

Bei Unterputzschaltern sind vier Schläge auf die Abdeckplatte innerhalb des Umfanges des Gehäuses möglichst gleichmäßig verteilt und ein Schlag auf das Betätigungsteil (Bild 3) auszuführen.

Bei Schaltern, bei denen das Betätigungsteil so tief liegt, daß es einer mechanischen Beanspruchung weniger ausgesetzt ist, fällt der Schlag auf das Betätigungsteil weg.

Gewicht und Fallhöhe siehe Tafel V.

Bild 3. Mechanische Prüfung der Abdeckungen und Betätigungsteile von Unterputzschaltern.

b) Die Befestigungsschrauben für die Abdeckungen sind mit $^2/_3$ der in e), Tafel VI, angegebenen Werte anzuziehen.

Die Schraubbuchsen von Stopfbuchsverschraubungen sind mit einem Drehmoment von 50 kgcm bei Stopfbuchs-

verschraubungen für den Anschlußbereich der Einführungsöffnungen bis 20 mm, mit einem Drehmoment von 75 kgcm bei Stopfbuchsverschraubungen für den Anschlußbereich der Einführungsöffnungen über 20 mm anzuziehen. An Stelle von Leitungen sind runde Metallbolzen mit einem Durchmesser gleich dem größten Leitungsaußendurchmesser, für den die Leitereinführungsöffnung bemessen ist, zu verwenden.

Tafel V

1			2	3
Ausführungsart			Gewicht g	Fallhöhe cm
A	abgedeckt	auf Putz	150	25
		unter Putz	150	15
B	geschützt	auf Putz	250	25
		unter Putz	250	15
C	abgedichtet		250	50

c) Nach der Prüfung dürfen keine unter Spannung stehenden Teile freigelegt (Prüfung nach VDE 0470/V.41, § 3) sein und Schäden des Sockels und des Betätigungsteiles, die die Brauchbarkeit der Schalter beeinträchtigen könnten, dürfen nicht auftreten.

Treten an den Abdeckungen Sprünge oder Risse auf, die die Sicherheit des Schalters nicht beeinträchtigen, so ist die Prüfung mit derselben Abdeckung einmal zu wiederholen, wobei dann keine unter Spannung stehenden Teile freigelegt werden dürfen.

An Abdeckungen von Unterputzschaltern sind Risse und Absplitterungen, soweit sie außerhalb des Umfanges des Gehäuses liegen, nicht zu beanstanden. Ein Bruch etwa vorhandener Glasplatten ist nicht zu beanstanden, wenn sich noch eine Platte aus Isolierstoff, die der Prüfung standgehalten hat, unter der Glasplatte befindet.

d) An die Schnurschalter ist eine Zuleitung NSA $2 \times 0{,}75\,mm^2$ mit Zugentlastung anzuschließen und eine Fallprüfung nach VDE 0470/V. 41, § 8, durchzuführen. Die Prüfung ist zwölfmal bei senkrecht stehender Aufschlagplatte auszuführen und dabei die Fallbeanspruchung auf verschiedene Stellen des Prüflings zu verteilen.

Nach der Prüfung dürfen keine unter Spannung stehenden Teile oder Teile des Schaltwerks freigelegt sein (Prüfung nach VDE 0470/V. 41, § 3) und Schäden, die die Sicherheit beeinträchtigen, nicht auftreten. Eindruckstellen gelten nicht als Beschädigungen.

Treten an den Abdeckungen Sprünge oder Risse auf, die die Sicherheit des Schalters nicht beeinträchtigen, so ist die Prüfung mit derselben Abdeckung einmal zu wiederholen, wobei dann keine unter Spannung stehenden Teile freigelegt werden dürfen.

Tafel VI

1	2	3	4	5	6
Gewindedurchmesser mm	Drehmoment in kgcm				
	Schlitzschrauben und Schaftschrauben	Gewindestifte	Sechskantschrauben, Sechskantmuttern	Mantelklemmen	Schlitzschrauben aus Isolierstoff*)
2,6	4	3	4	—	—
3	5	4	5	—	—
3,5	8	5,5	8	—	—
4	12	7	12	—	—
5	20	10	20	—	—
6	25	14	25	14	5
8 und darüber	35	18	35	21	12

*) Sofern die Schlitzlänge im Schraubenkopf nicht größer als der Gewindedurchmesser ist.

e) Schrauben oder Muttern, die bei der Montage zu bedienen sind, sind unter Verwendung eines Schraubenziehers nach DIN 5270 oder eines passenden Schlüssels fünfmal mit den aus Tafel VI ersichtlichen Drehmomenten anzuziehen und wieder zu lösen. Befestigungen in Isolierstoff-Muttergewinde, müssen ein zehnmaliges Festziehen mit $^2/_3$ der Drehmomente nach Tafel VI und vollständiges Lösen aushalten. Bei Schrauben, deren Muttergewinde aus Isolierstoff besteht, ist die Schraube jedesmal herauszuschrauben. Dabei dürfen keine für die weitere Verwendung des Prüflings nachteiligen Veränderungen entstehen.

§ 18

Zugentlastung und Verdrehungsschutz bei Schnurschaltern

a) Zur Prüfung der Zugentlastung bei Schnurschaltern sind Leitungen mit dem größten und dem kleinsten Außendurchmesser der in § 8f), Tafel I, festgelegten Leiterquerschnitte zu verwenden. Die Leitungsadern sind von den Klemmen zu lösen. Sofern es sich um umflochtene Leitungen handelt, können abgebundene Enden verwendet werden. Die Abbindung darf jedoch nur dazu dienen, ein Auseinanderspleißen der Außenumflechtung zu verhindern.

Die Zugentlastung muß bei der Prüfung nach VDE 0470/V.41, § 9, einen Zug von 8 kg 50mal aushalten. Je Sekunde ist ein Zug ohne ruckweises Anheben des Gewichtes auszuführen.

Nach der Prüfung darf keine Beschädigung der Leitung oder ihrer Umhüllung durch die Zugentlastungsvorrichtung aufgetreten sein und die Leitung sich um nicht mehr als 2 mm in der Einführungsöffnung verschoben haben.

b) Zur Prüfung des Verdrehungsschutzes sind Leitungen mit dem größten und kleinsten Außendurchmesser der in § 8f), Tafel I, festgelegten Leiterquerschnitte zu verwenden.

Die Prüfung des Verdrehungsschutzes bei Schnurschaltern ist nach VDE 0470/V. 41, § 10, mit einem Drehmoment von 2,5 kgcm 1 min auszuführen.

Nach der Prüfung dürfen sich die Leitungsenden in den Anschlußklemmen des Prüflings nicht verlagert haben.

§ 19

Wärmesicherheit

a) Sockel und Abdeckungen von Schaltern mit Ausnahme der Warmschalter sind nach VDE 0470/V. 41, § 4 mit einer Belastung P gleich dem Eigengewicht, mindestens aber 100 g, zu prüfen. Die Prüftemperatur beträgt 100°, die Prüfdauer 6 h, das Maß a nach VDE 0470 50 mm.

b) Nach dem Abkühlen darf die Absenkung höchstens 3 mm sein.

Der Berührungsschutz darf nicht beeinträchtigt worden sein, Kontaktverbindungen dürfen sich nicht gelockert haben, Kriech- und Luftstrecken nicht unterschritten sein. Vergußmasse darf nicht so flüssig geworden sein, daß die abgedeckten unter Spannung stehenden Teile freigelegt sind; geringe Lageveränderungen der Vergußmasse sind nicht zu beanstanden. Außerdem muß der Schalter zehnmal die Nennleistung ordnungsmäßig abschalten, und zwar

ein- und zweipolige Schalter bis 10 A bei Gleichspannung,

dreipolige Schalter und Schalter über 10 A mit der Stromart, für die sie bestimmt sind.

c) Die Bestimmungen nach a) und b) sind für Lichtdrücker sinngemäß anzuwenden.

Regeln für Prüfgeräte und Prüfverfahren

DK 620.1.05 : 621.315.6(083.133)

VDE 0470/V. 41

Inhaltsübersicht

§ 1

Geltungsbeginn

Die Regeln treten am 1. Juli 1941 in Kraft[1]).

§ 2

Geltungsbereich

Die Regeln enthalten Bestimmungen über Prüfgeräte und Prüfverfahren, die bei der Prüfung anzuwenden sind, soweit es in den VDE-Bestimmungen vorgeschrieben ist. Die in den Abbildungen unterstrichenen Maße und Ausführungsangaben sind einzuhalten.

Die Absätze im Kleindruck enthalten keine Bestimmungen, sondern unverbindliche Angaben der Prüfstelle des VDE über Einzelheiten der zur Zeit von ihr angewendeten Prüfgeräte und Prüfverfahren. Die Abbildungen stellen diese Geräte dar[2]).

§ 3

Prüfung des Berührungsschutzes

a) Zweck

Prüfung, ob Berührung solcher Teile, die der Berührung entzogen sein sollen, möglich ist.

b) Prüfgerät (Bild 1).

Ausführung A: Abmessungen und Ausführung des Prüfgerätes sind aus Bild 1 ersichtlich.

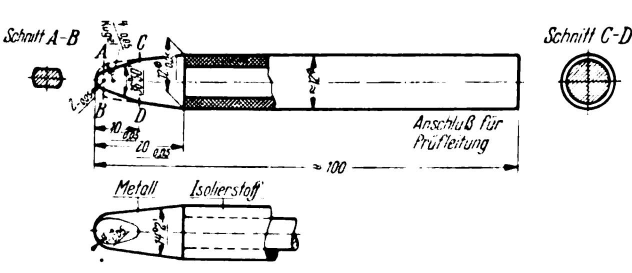
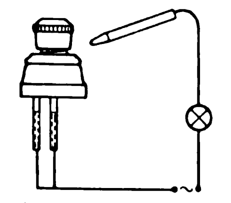


Bild 1.



Beispiel für die Prüfung des Berührungsschutzes bei elektrischen Geräten

Bild 1a.

Ausführung B: Bestimmungen sind in Vorbereitung.

c) Prüfverfahren

Die Prüfung ist in der Weise durchzuführen, daß die auf Berührungsschutz zu prüfenden Teile des Gerätes an einen Pol einer Stromquelle, das Prüfgerät über eine Prüflampe an den anderen Pol angeschlossen werden (Bild 1a). Es ist zu versuchen, mit dem Prüfgerät ohne Gewalt die zu prüfenden Teile zu berühren. Ein Berühren ist durch Aufleuchten der Prüflampe zu erkennen.

[1]) Genehmigt durch den Vorsitzenden des VDE im Mai 1941.

[2]) Zeichnungen der von der VDE-Prüfstelle benutzten Prüfgeräte sind von dort gegen Erstattung der Selbstkosten zu beziehen.

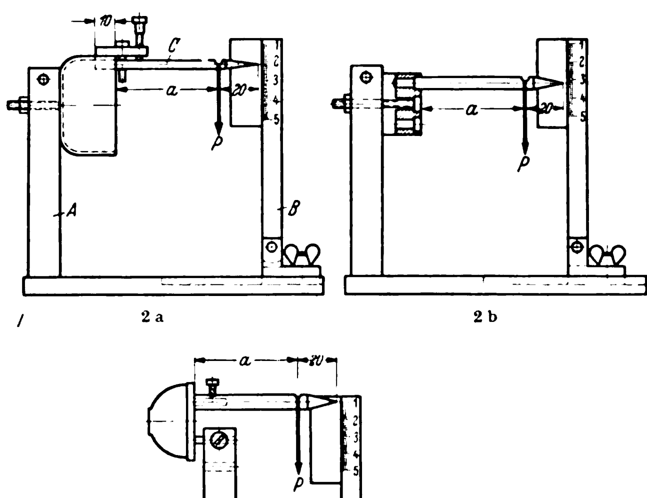
§ 4

Prüfung der Wärmesicherheit von Teilen aus nichtkeramischem Isolierstoff

a) Zweck

Prüfung von Teilen aus nichtkeramischem Isolierstoff auf Formbeständigkeit gegenüber Beanspruchungen bei höherer Temperatur.

b) Prüfgerät (Bild 2a, b und c)



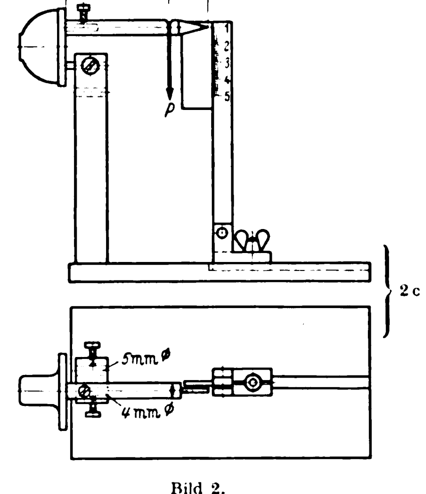


Bild 2.

Das Gerät besteht aus einem Gestell A zum Befestigen des Prüflings und aus einer Skala B. Zur Prüfung werden ferner benötigt Belastungshebel C mit Zeiger und Prüfgewicht P. Der Belastungshebel ist mit einer dem Prüfling jeweils anzupassenden Befestigungsvorrichtung versehen.

Zum Erwärmen dient ein Wärmeschrank, in den das Gestell hineingestellt wird.

c) Prüfverfahren

Der Prüfling ist an dem Gestell A, der Belastungshebel C an dem Prüfling ohne Beanspruchung auf Formänderung zu befestigen. Der Belastungshebel C kann z. B. durch Festklemmen an Wandungen (Bild 2a), durch Einstecken oder Einschrauben in Löcher (Bild 2b) oder durch Aufstecken oder Aufschrauben auf vorhandene Stifte oder Schrauben (Bild 2c) befestigt werden. Das Gestell mit dem Prüfling ist in den unbeheizten Wärmeschrank zu stellen und das Gewicht P an dem Belastungshebel C im Abstand a von der äußeren Kante der

Befestigungsstelle am oder im Isolierteil aufzuhängen. Die Hälfte des Gewichtes des über diese Kante vorstehenden Belastungshebels ist als Anteil des Gewichtes P zu berücksichtigen. Nach 10 min ist die Stellung des Zeigers an der Skala abzulesen. Anschließend ist die Temperatur im Wärmeschrank um stündlich 50° auf die Prüftemperatur zu steigern und dann konstant zu halten. Danach ist die Stellung des Zeigers erneut abzulesen und die Absenkung festzustellen. Abstand a, Gewicht P, Prüftemperatur und Zeit, während der die Temperatur im Anschluß an die Temperatursteigerung konstant zu halten ist, sowie die zulässige Absenkung sind den einschlägigen Bestimmungen zu entnehmen. Wenn sich, wie bei der Steckerprüfung nach Bild 2c, zwei Absenkungen addieren, ist die doppelte Absenkung des Zeigers zulässig.

§ 5

Prüfung des Tropfwasserschutzes

a) Zweck

Prüfung von Geräten in geschützter Ausführung (tropfwassergeschützt) auf Schutz gegenüber Tropfwasser.

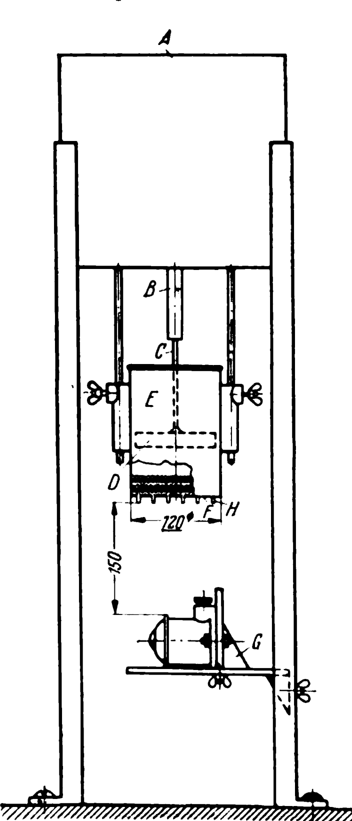
b) Prüfgerät (Bild 3)

Das Gerät besteht aus einem Wassergefäß E mit einem Siebboden F, an dem 25 Röhrchen H in den Abmessungen und der Verteilung nach Bild 3 angebracht sind. Das Gerät muß die Einstellung einer Durchflußmenge von 3 l/h in gleichmäßiger Verteilung ermöglichen.

Auf dem Siebboden F sind zur gleichmäßigen Verteilung des Wassers Bleischrot, Messinggaze und Fließpapier nach Bild 3 aufgebracht. Das Fließpapier soll sich immer in sauberem Zustand befinden. Es ist daher von Zeit zu Zeit zu erneuern. Über dem Gefäß E befindet sich ein Vorratsbehälter A mit einem Rauminhalt von etwa 10 l mit einem Abfluß B, der durch ein Ventil verschlossen werden kann. Die Ventilstange C wird durch den im Gefäß E befindlichen Schwimmer D gesteuert. Durch Verschieben des Gefäßes E in der Höhe kann die Höhe des Wasserstandes in E und damit die Durchflußmenge eingestellt werden. Unter dem Gefäß befindet sich eine in der Höhe verstellbare Befestigungsvorrichtung G für den Prüfling.

c) Prüfverfahren

Das zu prüfende Gerät ist in der in den einschlägigen Bestimmungen angegebenen Lage so zu befestigen, daß es sich in der vorgeschriebenen Höhe mitten unter dem Tropfgefäß befindet. Dann ist es mit der angegebenen Wassermenge in gleichmäßiger Verteilung während der angegebenen Dauer zu beregnen.



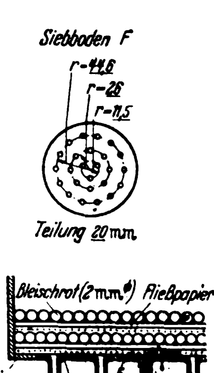


Bild 3.

§ 6

Schaltleistungsprüfung der Schalter von Gerätesteckdosen

a) Zweck

Prüfung der Schaltleistung der Schalter von Gerätesteckdosen nach Erwärmung der Steckerstifte.

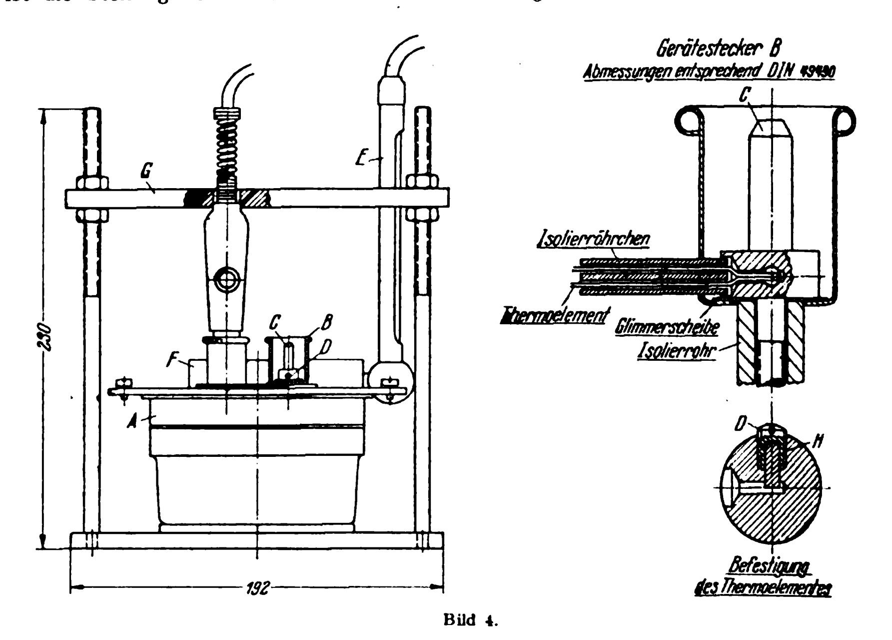


Bild 4.

b) Prüfgerät (Bild 4)

Das Gerät besteht aus einem Gerätestecker B nach DIN 49490, der durch eine Heizvorrichtung erwärmt werden kann. Zur Messung der Temperatur der Steckerstifte C dienen Thermoelemente, die nach Bild 4 in Bohrungen im Stiftbund festgeklemmt sind.

Zum Abstützen der aufgesteckten Gerätesteckdosen beim Schalten dient ein Bügel G.

Der Gerätestecker wird durch eine elektrische Heizplatte A erwärmt, in die die Steckerstifte C isoliert eingesetzt sind. Die Thermoelemente sind durch Gewindestifte D mit Druckstück H festgeklemmt. Die Temperatur wird durch ein Kontaktthermometer E, dessen Fühler in eine Bohrung des Blocks F auf der Heizplatte eingeführt ist, geregelt.

c) Prüfverfahren

Die Gerätesteckdose ist auf den Gerätestecker aufzustecken und durch den Bügel G gegen seitliche Beanspruchungen zu sichern. Dann sind die Steckerstifte zu erwärmen, bis an den Thermoelementen die in den einschlägigen Bestimmungen angegebene Temperatur erreicht ist. Diese ist konstant zu halten. Dabei ist der Schalter der Gerätesteckdose mit der Zahl von Stellungswechseln und der Belastung nach den einschlägigen Bestimmungen zu prüfen.

§ 7

Prüfung der Haltbarkeit durch Schlag

a) Zweck

Prüfung der Haltbarkeit von Geräteteilen gegen Beanspruchung durch Schlag.

b) Prüfgerät (Bild 5)

Das Gerät besteht aus einer zweckmäßig mit Zentimeterteilung versehenen, senkrechten Gleitstange B, die in der Höhe verstellbar von einer Haltevorrichtung gehalten wird, Aufschlagstücken H aus Messing mit Fiberunterlage in den Ausführungen a und b sowie einem Fallgewicht D, das auf der Stange leicht gleitet. Etwa notwendige metallische Befestigungsmittel der Fiberscheibe oder der Halbkugel an dem Aufschlagstück müssen hinter der Oberfläche zurücktreten.

Die Gleitstange wird von einem Stativ A getragen und durch eine Haltefeder I an dem Ausleger C in der eingestellten Höhe festgehalten. Zum Festhalten des angehobenen Fallgewichtes D dient eine Sperre E, die an dem in der Höhe verstellbaren Arm F angebracht ist und durch den Handgriff G ausgelöst werden kann.

c) Prüfverfahren

Die Gleitstange B ist unter Zwischenlage des Aufschlagstückes H auf den Prüfling aufzusetzen. Dann ist das Fallgewicht so hoch anzuheben, daß sich seine Unterfläche in der vorgeschriebenen Höhe über dem Aufschlagstück befindet, und



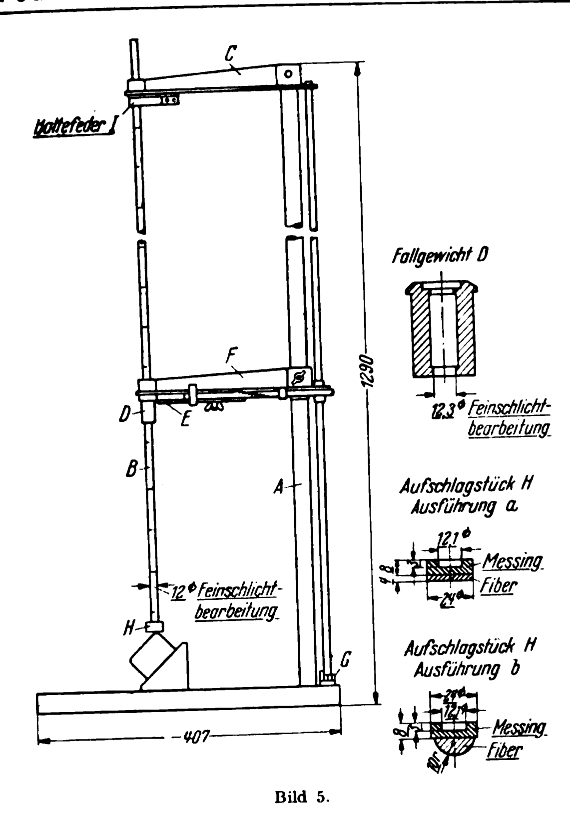


Bild 5.

fallen zu lassen. Die bei der Prüfung zu verwendende Ausführung des Aufschlagstückes H und die Zahl der Schlagbeanspruchungen sind den einschlägigen Bestimmungen zu entnehmen.

§ 8

Prüfung der Haltbarkeit durch Fall

a) Zweck

Prüfung der Haltbarkeit solcher Geräte, bei denen betriebsmäßig eine Zuleitung angeschlossen ist und bei denen im praktischen Betrieb eine Beanspruchung durch Fall auf den Fußboden oder dergleichen auftreten kann (z. B. Schnurschalter, Gerätesteckdosen, Handleuchten u. dgl.).

b) Prüfgerät (Bild 6)

Das Gerät besteht aus einer in einem Kugellager E drehbaren Klemmvorrichtung D sowie einem Aufschlagstück G, die in geeigneter Weise haltbar befestigt sind. Sie müssen wegen möglicher Verschiedenheit der Prüflinge gegeneinander einstellbar sein. Das Aufschlagstück G trägt auf der einen Seite (1) eine eiserne Platte und auf der anderen Seite (2) eine eiserne Winkelschiene.

Als Träger dient ein kräftiges Holzgestell (Kiefernholz) A mit einem durch Streben C abgestützten, herunterklappbaren Ausleger B. Die Klemmvorrichtung D ist in der Höhe verstellbar. Das Aufschlagstück ist um die Bolzen H drehbar und in um je 15° voneinander abweichenden Stellungen feststellbar. Ein Meßstab F dient zum Ablesen der Höhe, auf die der Prüfling angehoben wird. D und F sind in Schlitzen im Ausleger B verschiebbar.

c) Prüfverfahren

Der Prüfling ist mit einer entsprechend langen Zuleitung zu versehen, wobei die Zugentlastung betriebsmäßig anzuschließen ist. Das freie Ende der Zuleitung ist in der Klemmvorrichtung D so zu befestigen, daß sich der Schwerpunkt des Prüflings in 1 m Abstand vom Drehpunkt der Klemmvorrichtung D befindet. Die Klemmvorrichtung D ist so einzustellen, daß der frei hängende Prüfling in der vorgeschriebenen Höhe unmittelbar vor dem Aufschlagstück hängt.

Der Prüfling ist dann soweit auszuschwenken, bis sich die mäßig gespannte Zuleitung in waagerechter Lage befindet und loszulassen, so daß er gegen das Aufschlagstück G fällt.

§ 9

Prüfung mit aussetzender Zugbelastung

a) Zweck

Prüfung der Zugentlastung bei Geräten mit fest angeschlossener Zuleitung. Prüfung von Gerätesteckdosen durch seitliche Zugbeanspruchung.

b) Prüfgerät (Bild 7a und b)

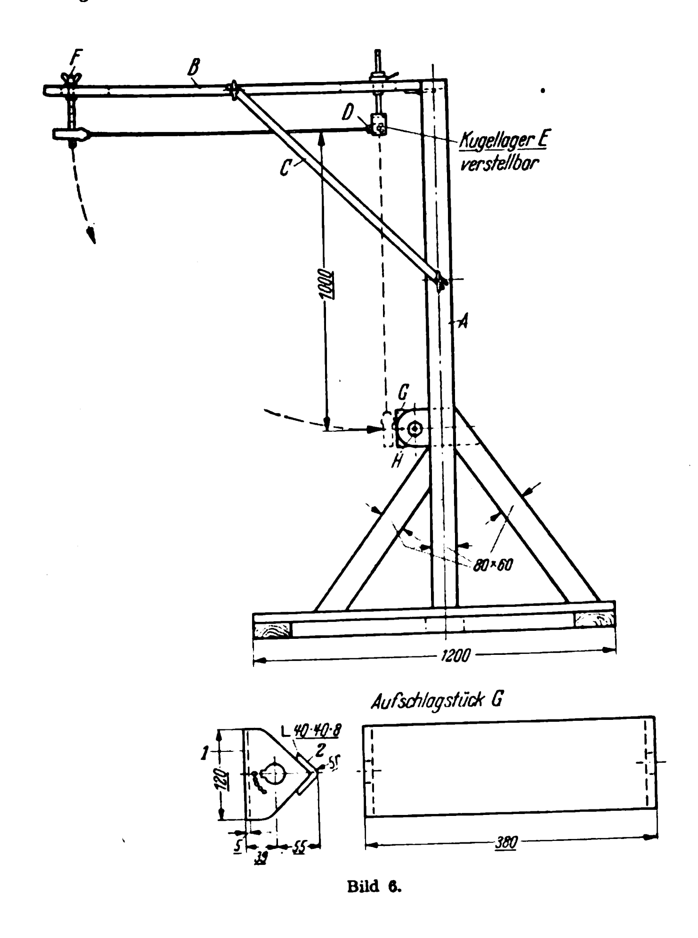


Bild 6.

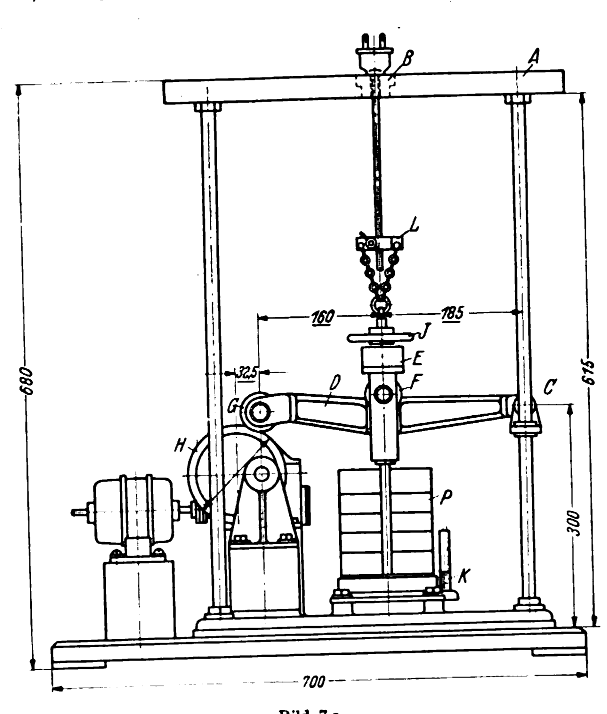


Bild 7a.

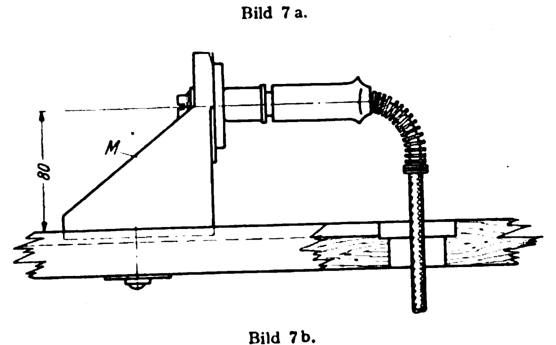


Bild 7b.

Das Gerät besteht aus einer festen Tischplatte *A* zur Aufnahme des Prüflings und einem Belastungsgewicht *P*, das mittels einer Klemmvorrichtung *L* an die Zuleitung des Prüflings angeklemmt wird. Zur Prüfung von Gerätesteckdosen wird auf dem Tisch *A* ein besonderer Bock *M* mit einem drehbaren Gerätestecker nach DIN 49490 befestigt. Zum Anheben des Gewichtes dient ein an einem Ende auf einem Exzenter *H* ruhender Hebel *D*.

Zur Anpassung an verschiedenartige Prüflinge enthält der Tisch *A* eine Bohrung für auswechselbare Einsätze *B*. Das Gewicht hängt an einer Flasche *E*, die mit einer Rolle *F* in den einarmigen, im Lager *C* drehbaren Hebel *D* eingehängt ist. Der Hebel gleitet mit einer Rolle *G* auf der durch einen Motor angetriebenen Exzenterscheibe *H*. An einem Zählwerk kann die Zahl der Hübe abgelesen werden. Die Exzenterscheibe kann durch Drehen der Motorwelle mittels aufsteckbarer Kurbel in jede Lage gebracht werden. Zum Ausgleichen einer etwa eintretenden Verlängerung der Zuleitung dient eine Schraubspindel mit Handrad *J*. Zum Ablesen der richtigen Einstellung der Spindel dient ein vor einer Skala *K* spielender, durch das Gewicht *P* betätigter Schleppzeiger.

c) Prüfverfahren

Der Prüfling ist nach ordnungsmäßigem Anschluß einer entsprechend langen Zuleitung am Tisch *A* so zu befestigen oder auf ihm fest zu lagern, daß die Zuleitung ohne Reibung durch die Durchführungsöffnung hindurchgleitet. Gerätesteckdosen sind zur Prüfung durch seitliche Zugbeanspruchung auf den Gerätestecker des Bockes *M* aufzustecken. Das freie Ende der Zuleitung ist in der Festklemmvorrichtung *L* so zu befestigen, daß die Leitung während der Hälfte der Hubbewegung mit dem Gewicht belastet ist. Eine etwa eintretende Verlängerung der Leitung muß hierbei ausgeglichen werden. Das an der Festklemmvorrichtung hängende Gesamtgewicht, die Zahl der sekundlichen Hübe sowie ihre Gesamtzahl sind in den einschlägigen Bestimmungen angegeben.

Die Verlängerung kann an dem über der Skala *K* gleitenden Schleppzeiger abgelesen und durch Drehen des Handrades *J* ausgeglichen werden, wobei sich die am Handrad befindliche Spindel in das in der Flasche *E* vorgesehene Muttergewinde hineinschraubt. Der Schleppzeiger wird dabei wieder in die Ausgangsstellung zurückgeschoben.

§ 10

Prüfung des Verdrehungsschutzes

a) Zweck

Prüfung des Verdrehungsschutzes bei Geräten mit fest angeschlossener Zuleitung.

b) Prüfgerät (Bild 8)

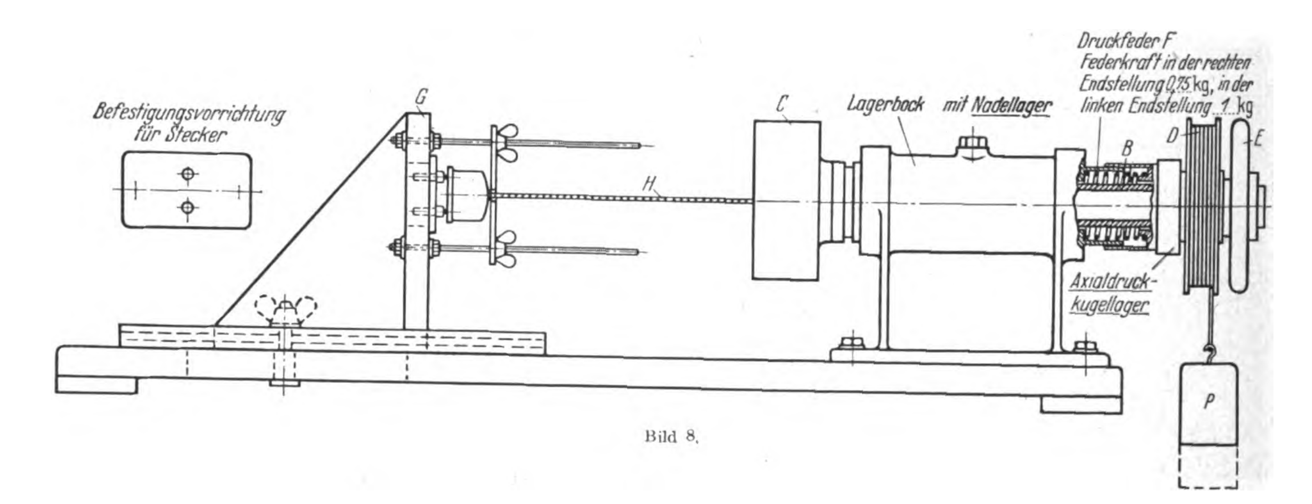


Bild 8.

Das Gerät besteht aus einer Klemmvorrichtung *C* und einer für den jeweiligen Prüfling passenden Befestigungsvorrichtung *G*. Die Klemmvorrichtung ist auf einer in Wälzlagern leicht drehbar gelagerten Hohlwelle zentrisch befestigt und gegen eine Kraft von 0,75 bis 1 kg verschiebbar.

Zur Erzeugung eines gleichmäßigen Drehmomentes ist auf der Welle eine Schnurscheibe *D* angebracht, auf die man mit Hilfe eines Handrades *E* eine gewichtsbelastete Schnur aufwickeln kann. Die durch Verkürzung der Leitung entstehende Zugkraft wird durch eine gegen ein Axialdruck-Kugellager wirkende Druckfeder *F* aufgenommen.

c) Prüfverfahren

Der Prüfling ist mit einer entsprechend langen Zuleitung *H* zu versehen, wobei die Zugentlastung und der Verdrehungsschutz ordnungsgemäß anzuschließen sind. Der Prüfling ist in der Befestigungsvorrichtung *G* zu befestigen, das freie Ende der Zuleitung durch die Hohlwelle *B* zu führen und durch die Klemmvorrichtung *C* festzuklemmen. Danach ist die Leitung mit dem in den einschlägigen Bestimmungen vorgeschriebenen Drehmoment während der vorgeschriebenen Zeit stoßfrei zu belasten.

§ 11

Prüfung der Druckwasserdichtigkeit

a) Zweck

Prüfung von Geräten in abgedichteter Ausführung auf Druckwasserdichtigkeit.

b) Prüfgerät (Bild 9)

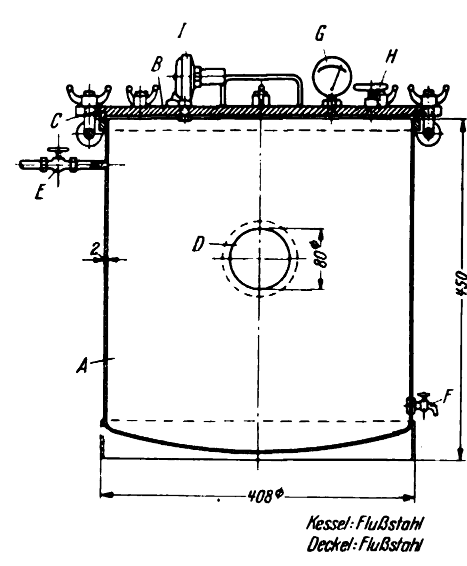


Bild 9.

Das Gerät besteht aus einem mit mindestens 2 atü geprüften Druckkessel *A*, der durch einen Deckel *B* mit Dichtung *C* verschlossen werden kann.

Am Kessel befinden sich zwei gegenüberliegende Beobachtungsfenster *D*, ein Zufluß *E* mit Absperrventil und ein Ablaufventil *F*. Am Deckel sind ein Druckmesser *G*, ein Entlüftungshahn *H* und ein Sicherheitsventil *J* vorgesehen.

c) Prüfverfahren

Der Prüfling ist in den mit Wasser gefüllten Kessel zu legen und dem in den einschlägigen Bestimmungen angegebenen Überdruck auszusetzen.

§ 12

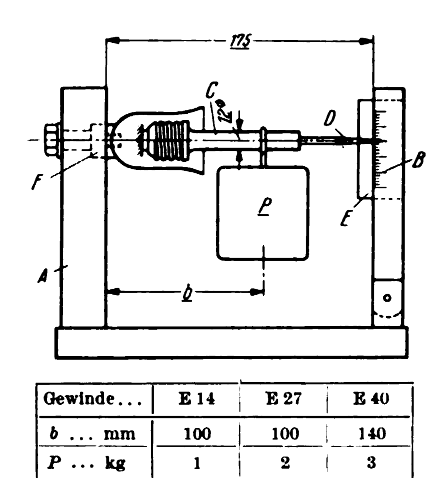
Prüfung der Haltbarkeit von Fassungen gegen Biegebeanspruchungen

a) Zweck

Prüfung der Haltbarkeit der Verbindung zwischen Nippelmutter und Fassungsboden sowie freistehender Gewindehülsen gegen Biegebeanspruchungen.

b) Prüfgerät (Bild 10)

Das Gerät besteht aus einem Gestell A, an dem zur Befestigung des Prüflings auswechselbare Rohrgewindestutzen F (M 10, M 13, M 16) angebracht sind, und einer Skala B.



Gewinde...	E 14	E 27	E 40
b ... mm	100	100	140
P ... kg	1	2	3

Bild 10.

Zur Prüfung werden ferner benötigt: Prüfsockel C nach § 16, die für vorliegende Prüfung mit einem Zeiger D versehen werden, und ein Prüfgewicht P.

Die Skala B ist nach rechts umklappbar und mit einem Spiegel E zur genauen Ablesung versehen.

c) Prüfverfahren

Die Fassung ist mit dem Nippelgewinde auf den entsprechenden Gewindestutzen fest aufzuschrauben, darauf ist der Prüfsockel C in die Fassung einzuschrauben und die Stellung des Zeigers D abzulesen. Dann ist der Prüfsockel mit dem in der Tafel (Bild 10) angegebenen Gewicht P im Abstand b zu belasten und an der Skala B die Größe der Absenkung nach 1 min abzulesen.

§ 13

Prüfung der Abzugskräfte bei Gerätesteckvorrichtungen

a) Zweck

Prüfung der Kraft, die zum Abziehen der Gerätesteckdose vom Gerätestecker notwendig ist.

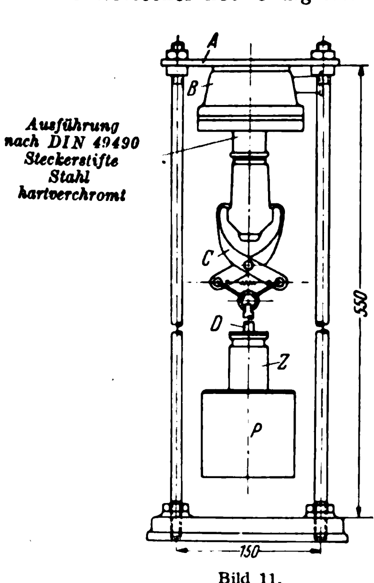


Bild 11.

b) Prüfgerät (Bild 11)

Das Gerät besteht aus einer Tragvorrichtung A, einer Heizplatte B, auf der ein Gerätestecker nach DIN 49490 mit Stiften aus hartverchromtem Stahl senkrecht nach unten befestigt ist und einem Belastungsgewicht, bestehend aus Hauptgewicht (einschl. Gewicht der Befestigungsvorrichtung) und Teilgewicht Z. Für die Temperaturmessung sind die Steckerstifte mit Thermoelementen, wie in § 6 angegeben, versehen. Belastungsgewicht sowie Teilgewicht sind in den einschlägigen Bestimmungen angegeben.

Das Gewicht P hängt an einer Führungsstange D, durch die das Teilgewicht Z beim Anheben und Herabfallen geführt wird.

c) Prüfverfahren

Die Gerätesteckdose ist auf den Gerätestecker zu stecken und das Belastungsgewicht mittels der Befestigungsvorrichtung C ohne Ruck an die Gerätesteckdose zu hängen. Falls die Gerätesteckdose durch dieses Gewicht nicht abgezogen wird, darf zur Überwindung der ruhenden Reibung das Teilgewicht einmal um 5 cm angehoben und auf das Hauptgewicht fallen gelassen werden. Dann muß die Gerätesteckdose durch das Gewicht abgezogen werden.

§ 14

Prüfung der Durchbiegung bei Druckbelastung

a) Zweck

Prüfung der Widerstandsfähigkeit von Geräteteilen (z. B. Fassungsmänteln, Gerätesteckerkragen) gegen Verformung und des Kontaktdruckes von Kontaktfedern (z. B. Schutzkontakten bei Steckdosen nach DIN 49402).

b) Prüfgerät (Bild 12)

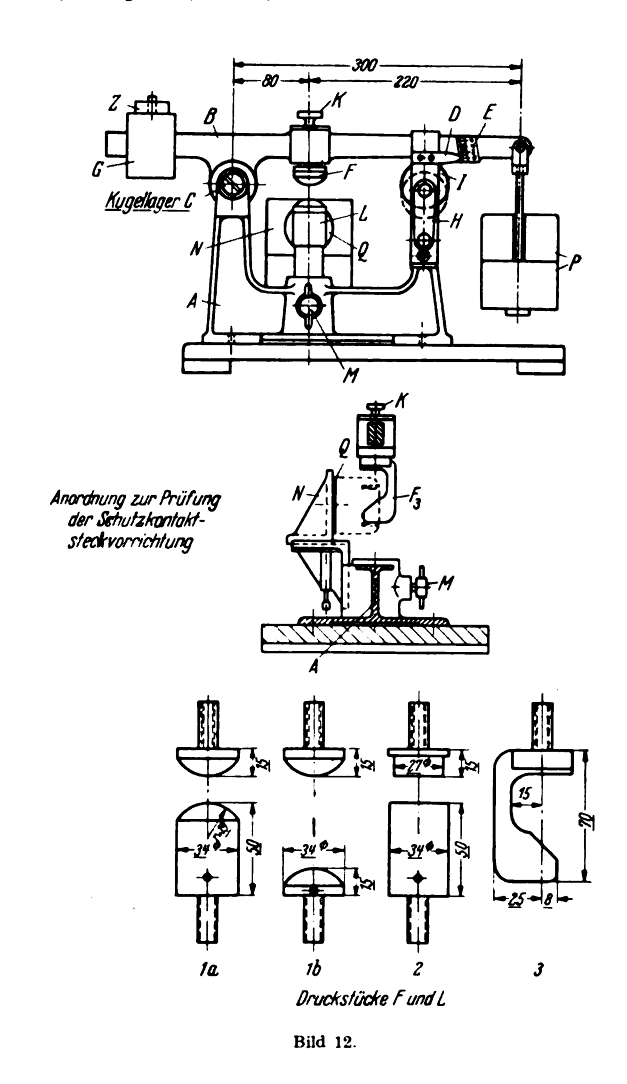


Bild 12.

Das Gerät besteht aus einem Gestell A, einem in diesem mit möglichst geringer Reibung gelagerten Hebel B, verschiedenen Druckstücken F und L und einer Skala E. Das untere Druckstück bzw. der Prüfling können fest angeordnet werden. Das obere Druckstück kann an dem Hebel befestigt werden und drückt durch das Gewicht P belastet auf den darunter angebrachten Prüfling.

In dem Gestell A ist ein doppelarmiger Hebel B mit Kugellager C gelagert. Der rechte Arm des Hebels trägt eine Stange zum Auflegen der Belastungsgewichte P, eine hinter einem festen Zeiger D spielende Skale E und eine Kordelschraube K zum Befestigen der oberen Druckstücke. Er liegt auf einer durch die Kurbel H drehbaren Exzenterscheibe J so auf, daß er in der höchsten Stellung waagerecht liegt und der Zeiger auf Null steht. Der linke Arm des Hebels trägt ein verstellbares Gegengewicht G, durch das der Hebel ohne Gewicht P aber mit oberen Druckstücken 1a, 1b oder 2, die im Gewicht gleich sind, in der Nullage im Gleichgewicht ist. Ein auf einen Zapfen auf dem Gegengewicht G aufsteckbares Zusatzgewicht Z ist so bemessen, daß durch sein Auflegen der Hebel mit dem Druckstück 3 im Gleichgewicht ist.

Als Unterlage für die Prüflinge dienen auswechselbare Druckstücke L, die durch eine Knebelschraube M befestigt werden können.

Für die Prüfung der Schutzkontakte bei Steckdosen nach DIN 49402 ist ein verschiebbarer Befestigungsschlitten N vorgesehen. Zur Befestigung der Steckdose dient eine um 180° drehbar gelagerte Platte Q.

c) Prüfverfahren

Die in den einschlägigen Bestimmungen angegebenen Druckstücke sind einzusetzen, und das untere Druckstück ist so einzustellen, daß das unbelastete obere Druckstück den Prüfling ohne Druck berührt. Bei Prüfung der Schutzkontakte einer Steckdose ist diese so einzustellen, daß das Druckstück die Schutzkontaktfeder ohne Druck berührt. Danach ist ein Belastungsgewicht nach der einschlägigen Bestimmung aufzulegen, der Prüfling allmählich zu belasten und die Durchbiegung auf der Skala abzulesen.

Die Belastungsgewichte werden bei der obersten Stellung des Exzenters aufgelegt. Nach Höheneinstellung des Prüflings wird die Belastung durch Drehen des Exzenters allmählich gesteigert. Da das Belastungsgewicht an einem anderen Hebelarm als das Druckstück wirkt, ist es auf diesen umzurechnen. Ebenso ist der abgelesene Wert für die Durchbiegung auf den Hebelarm des Druckstückes umzurechnen.

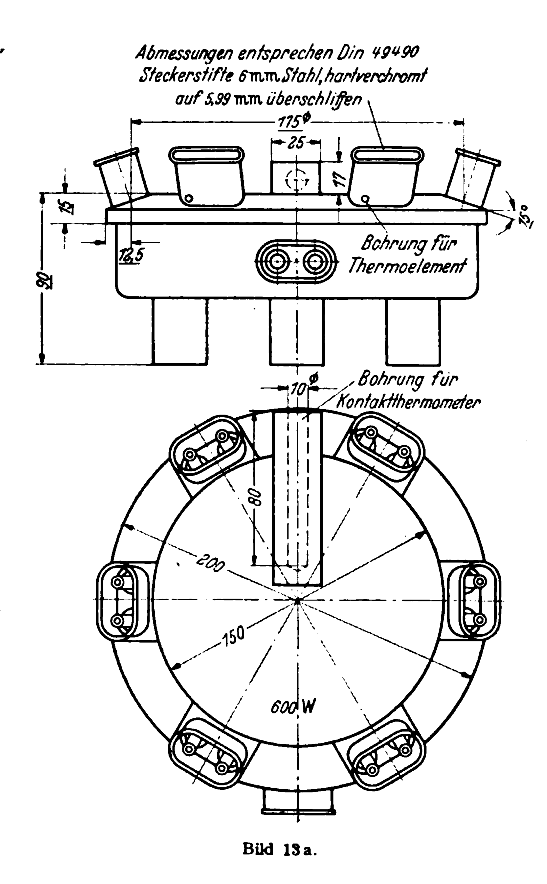


Bild 13a.

§ 15

Prüfung der Temperatur an Warmgerätesteckdosen

a) Zweck

Prüfung der Temperaturen an der Aderverzweigungs- und den Leitungsanschlußstellen bei Erwärmung von Warmgerätesteckdosen.

b) Prüfgerät (Bild 13)

Das Gerät besteht aus einer gleichmäßig erwärmbaren Heizplatte nach Bild 13a mit darauf befestigten Gerätesteckern nach DIN 49490. Die Steckerstifte sind mit Thermoelementen versehen, wie in § 6 angegeben.

Das Erwärmen und das Regeln der Temperatur geschieht wie in § 6 angegeben.

c) Prüfverfahren

An die Gerätesteckdose ist eine Zuleitung ordnungsgemäß anzuschließen. An der Aderverzweigungsstelle und den Anschlußstellen sind Thermoelemente nach Bild 13b einzubauen. Dann ist die Gerätesteckdose auf das Prüfgerät aufzustecken und dieses vor Luftzug geschützt auf einer allseitig mindestens 300 mm vorstehenden Unterlage aufzustellen und zu erwärmen, bis an den Thermoelementen der Steckerstifte die in den einschlägigen Bestimmungen angegebene Temperatur erreicht wird, und diese während der angegebenen Zeit konstant zu halten. Während des Erwärmens ist mit den Thermoelementen die Temperatur an der Aderverzweigungsstelle und den Leitungsanschlußstellen zu messen.

§ 16

Prüfung der Haltbarkeit von Fassungen gegen Drehbeanspruchung

a) Zweck

Prüfung der Haltbarkeit von Fassungen gegenüber den beim Einschrauben einer Lampe auftretenden Beanspruchungen.

b) Prüfgerät (Bild 14)

Das Prüfgerät besteht aus einem Prüfsockel aus gehärtetem Stahl in den Abmessungen nach Bild 14.

c) Prüfverfahren

Der Prüfsockel ist mit dem in den einschlägigen Bestimmungen angegebenen Drehmoment in die Fassung einzuschrauben und dieses Drehmoment 1 min lang beizubehalten.

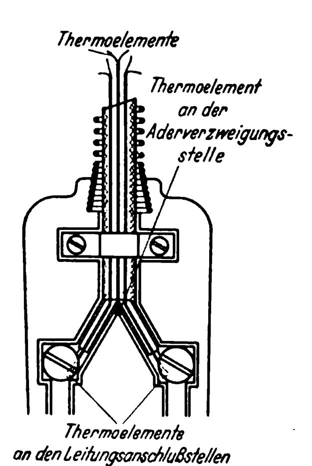
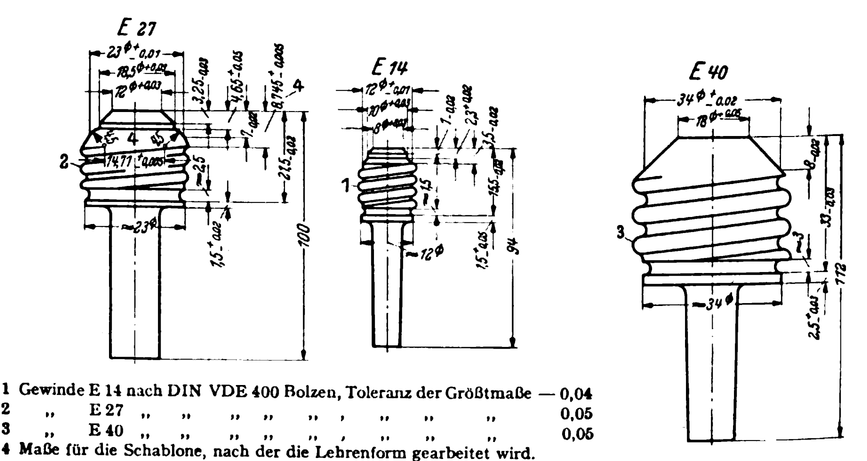


Bild 13b.



1 Gewinde E 14 nach DIN VDE 400 Bolzen, Toleranz der Größtmaße — 0,04
2 „ E 27 „ „ „ „ „ „ „ „ „ 0,05
3 „ E 40 „ „ „ „ „ „ „ „ „ 0,05
4 Maße für die Schablone, nach der die Lehrenform gearbeitet wird.

Bild 14.

VERSCHIEDENES

BEKANNTMACHUNGEN

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker
(Eingetragener Verein)

Fernsprecher: 30 06 31 — Postscheckkonto: Berlin 213 12
Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00
Postscheckkonto der ETZ-Verlag G. m. b. H.: Berlin 223 84

Installationsmaterial

Der Ausschuß für Installationsmaterial hatte Entwürfe zu

VDE 0606 „Vorschriften für Abzweig- und Verbindungsdosen, Hauptleitungsabzweigkästen sowie Leuchtenklemmen" in ETZ 60 (1939) H. 27, S. 806,

VDE 0616 „Vorschriften für Lampenfassungen und Lampensockel bis 750 V" in ETZ 60 (1939) H. 18, S. 541,

VDE 0620 „Vorschriften für Steckvorrichtungen bis 750 V 100 A" in ETZ 58 (1937) H. 46, S. 1251,

VDE 0632 „Vorschriften für Schalter bis 750 V 25 A" in ETZ 58 (1937) H. 44, S. 1201 und

VDE 0470 „Regeln für Prüfgeräte und Prüfverfahren" in ETZ 61 (1940) H. 48, S. 1084

veröffentlicht.

Auf Grund der eingegangenen Einsprüche ist ein neuer Wortlaut der Vorschriften aufgestellt, der in ETZ 62 (1941) H. 24, S. 537 veröffentlicht ist.

Der Wortlaut der Vorschriften wurde im Mai 1941 vom Vorsitzenden des VDE genehmigt und tritt am 1. Juli 1941 in Kraft.

Zum 31. Dezember 1942 treten die §§ 14 bis 29, 30 bis 45 einschließlich VDE 0682/II.38, 55 bis 73, 90, 91, 93 und 94 von VDE 0610 sowie VDE 0615, 0622, 0625, 0626, 0630, 0681 und 0685 außer Kraft.

Sicherungswesen

Der Ausschuß für Sicherungswesen hat beschlossen, in § 1 von

VDE 0635 „Vorschriften für Leitungsschutzsicherungen mit geschlossenem Schmelzeinsatz 500 V bis 200 A"

den Geltungstermin für die Übergangszeit, während der neben VDE 0635 auch VDE 0610 gilt, bis zum 31. Dezember 1942 zu verlängern.

Diese Änderung wurde vom Vorsitzenden des VDE im Mai 1941 genehmigt und tritt am 1. Juli 1941 in Kraft.

Sonderdrucke mit der Bezeichnung VDE 0635c/V.41 sind bei der ETZ-Verlag GmbH. zum Preise von RM 0,10 erhältlich.

Der Ausschuß für Sicherungswesen hat eine Änderung von

VDE 0635 K „K-Vorschriften für Leitungsschutzsicherungen mit geschlossenem Schmelzeinsatz 500 V bis 200 A"

aufgestellt, deren Wortlaut der Vorsitzende des VDE im Mai 1941 genehmigt und zum 15. Juni 1941 in Kraft gesetzt hat.

Sonderdrucke mit der Bezeichnung VDE 0635 Ka/V.41 sind bei der ETZ-Verlag GmbH. zum Preise von RM 0,10 erhältlich.

Drähte und Kabel

Der Ausschuß für Drähte und Kabel hat beschlossen, in der Fußnote zu § 2 von

VDE 0204 K „K-Vorschriften für Zink für Elektrotechnik"

den Wert für die Beimengung Pb + Cd in 0,008% zu ändern.

Diese Änderung wurde im Mai 1941 vom Vorsitzenden des VDE genehmigt und zum 15. Juni 1941 in Kraft gesetzt.

Sonderdrucke mit der Bezeichnung VDE 0204 Kb/V.41 sind bei der ETZ-Verlag GmbH., Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstraße 33, zum Preise von RM 0,10 erhältlich.

Transformatoren

Die Fachabteilung 2 „Transformatoren" der Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie hat Entwürfe zu den folgenden Normblättern aufgestellt:

DIN 42604 „Transformatoren mit Ölselbstkühlung, Kupferwicklung und normaler Induktion für Drehstrom 50 Per/s, Nennleistung 2000 bis 10000 kVA",

DIN 42605 „Transformatoren mit Ölselbstkühlung, Kupferwicklung und erniedrigter Induktion für Drehstrom 50 Per/s, Nennleistung 5 bis 1250 kVA",

DIN 42606 „Transformatoren mit Ölselbstkühlung, Kupferwicklung und erniedrigter Induktion für Drehstrom 50 Per/s, Nennleistung 1600 bis 8000 kVA".

Abzüge dieser Entwürfe können durch die Geschäftstelle der Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie, Berlin W 35, Corneliusstraße 3, angefordert werden.

Einsprüche und Anregungen erbitten wir bis zum 15. Juli 1941 an die Geschäftstelle des VDE.

Errichtungsvorschriften I

Der in ETZ 61 (1940), H. 22, S. 507, veröffentlichte Entwurf zu Änderungen in Regel 1 von § 13 „Steckvorrichtungen" ist nicht zur Ausführung gekommen. Die Regel bleibt im bisherigen Wortlaut bestehen.

Explosionsschutz

Der in ETZ 61 (1940), H. 15, S. 351, veröffentlichte Entwurf zu einer Änderung von § 3 in VDE 0165 „Leitsätze für die Errichtung elektrischer Anlagen in explosionsgefährdeten Betriebsstätten und Lagerräumen" ist nicht zur Ausführung gekommen. Der Wortlaut des § 3 bleibt in der bisherigen Fassung [veröffentlicht in ETZ 56 (1935) S. 361] bestehen.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
Der Geschäftsführer
Viefhaus

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker

Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus



Unter Bezugnahme auf die Bekanntmachung des VDE in ETZ 62 (1941) H. 24, S. 567 werden die Veröffentlichungen der VDE-Prüfstelle in ETZ 61 (1940) H. 3, S. 72 und ETZ 62 (1941) H. 3, S. 64 zurückgezogen.

Alle Prüfzeichengenehmigungen für Leitungsschutzsicherungen, die auf Grund von VDE 0610 erteilt worden sind, behalten bis zum 31. 12. 42 Geltung; ausgenommen sind nur solche Prüfzeichengenehmigungen, deren Streichung in einzelnen Fällen aus besonderen Gründen früher erforderlich wird.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker

Dall

Sitzungskalender

Deutsche Lichttechnische Gesellschaft Bezirksgruppe Karlsruhe gemeinsam mit dem VDE Bezirk Mittelbaden und dem Deutschen Verein von Gas- und Wasserfachmännern Vereinsbezirk Baden-Saarpfalz. 17. 6. (Di), 20[00], Grashof-Hörsaal: Die neue Kerze. Reg.-Rat Dr. H. Korte.

Physikalische Gesellschaft zu Berlin und Deutsche Gesellschaft für technische Physik, Berlin. 18. 6. (Mi), 18[00], I. Phys. Inst. Univ.: „Die Feldelektronenemission bei elektrischen Entladungen". H. Paetow.

PERSÖNLICHES

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten)

W. Feldsmann. — Herr Direktor Dipl.-Ing. Walther Feldsmann VDE begeht am 16. Juni 1941 sein 25jähriges Dienstjubiläum als Leiter der Überlandzentrale Grenzmark AG., Flatow/Grenzm. Nach mehrjähriger Tätigkeit als Assistent an der T. H. Charlottenburg und nach langjähriger Beschäftigung bei der AEG, Berlin, Abt. Zentralstationen, übernahm er 1916 die Geschäftsführung der Überlandzentrale Grenzmark, damals Überlandzentrale Flatow, welche zu den ersten Werken gehört, die im Osten des Reiches die Überland-Stromversorgung betrieben.

C. Mattschoß. — Am 9. Juni 1941 feierte seinen 70. Geburtstag Herr Prof. Dr.-Ing. E. h. Dr. phil. h. c. Conrad Mattschoß, dessen Name mit dem Aufstieg des Vereins deutscher Ingenieure eng verbunden ist. Fast drei Jahrzehnte war er im VDI tätig, davon 20 Jahre als sein Direktor. 30 Jahre lang las er auch an der T. H. Berlin Geschichte der Technik, ein Gebiet, auf dem er führend ist. Conrad Mattschoß ist Ehrendoktor der T. H. Hannover und der Universität Münster.

R. Wetzer. — Der Betriebsführer der Firma Hermann Wetzer, Telegraphenfabrik, Pfronten bei Kempten im Allgäu, Herr Rudolf Wetzer VDE, feiert am 18. Juni seinen 60. Geburtstag. Herr Wetzer, der 1914 die im Jahre 1872 gegründete Firma nach dem Tode seines Vaters übernahm, hat insbesondere Registriergeräte für Kurzzeitmessung entwickelt.

BUCHBESPRECHUNGEN

DK 620.2

Handbuch der Werkstoffe für die gesamten Metalle verarbeitenden Industrien. Bearb. v. E. Klein u. Dr. W. Mäcking. Mit Bezugsquellen. 1216 S. im Format 210 × 297 mm. N.E.M.-Verlag u. Buchvertrieb Dr. G. Lüttke Berlin 1940. Preis geb. 48 RM.

Das sehr umfangreiche Handbuch enthält einen Bezugsquellennachweis über sämtliche Metalle, Metall-Legierungen und deren Halbfabrikate. Es kommt somit einem lange bestehenden Bedürfnis des In- und Auslandes nach, ein Verzeichnis zu schaffen, daß besonders auch die neuen Werkstoffe berücksichtigt. Gerade hier ergaben sich in den letzten Jahren durch die Verwendungsverbote zahlreiche Verlagerungen bei den Lieferfirmen. Da das Sachwort-Verzeichnis in deutscher, englischer, französischer, italienischer und spanischer Sprache erscheint, ist das Handbuch auch im Ausland gut zu gebrauchen. Ein alphabetisches Verzeichnis der Hersteller erleichtert den Gebrauch des Werkes. Den Schluß bildet eine Aufstellung der Firmen-Handelsmarken.

Dem Handbuch, dem die Unterstützung vieler Organisationen zuteil wurde, wird eine weite Verbreitung im In- und Auslande gewünscht. H. Hasse VDE

DK 536.2

Der industrielle Wärmeübergang. Für Praxis und Studium mit grundlegenden Zahlenbeispielen. Von Dr.-Ing. A. Schack. 2. verbess. Aufl. Mit 41 B., 24 Zahlentafeln, VIII u. 348 S. im Format C 5. Verlag Stahleisen mbH., Düsseldorf 1940. Preis geb. 19,60 RM.

In der neuen Auflage[1]) sind die in der Zwischenzeit erschienenen wichtigen Veröffentlichungen berücksichtigt. Ferner sind an verschiedenen Stellen Verbesserungen im Text vorgenommen worden, die die Benutzung des Buches erleichtern. Besonders gut gelungen ist der neue Abschnitt über den Wärmeübergang von Gasen an Rohrbündel, in welchem sehr verwickelte physikalische Zusammenhänge mit großer Anschaulichkeit dargelegt werden.

Bei dieser Gelegenheit sei erneut darauf hingewiesen, daß sich dieses Buch in allen Teilen durch eine ganz außerordentlich verständliche und trotzdem wissenschaftlich einwandfreie Darstellung der Zusammenhänge auszeichnet; die mathematischen Ableitungen sind korrekt, aber leicht zu überblicken. Das von Schack zum ersten Male eingeführte Verfahren, die Ergebnisse der Ableitungen, die vielfach in unbequemen mathematischen Ausdrücken erschienen, durch einfache Formeln für den täglichen Gebrauch zu ersetzen, hat sich inzwischen bestens bewährt.

Vom Verlag ist die Aufmachung des Buches erheblich verbessert worden. Die Anordnung ist übersichtlich, auch die Gleichungen sind in leicht faßlicher Form gesetzt. Bei der ersten Auflage war dies leider nicht der Fall. Das Buch gehört zu den besten, die wir heute über Fragen des Wärmeübergangs besitzen. A. Zinzen

EINGÄNGE

[Ausführliche Besprechung vorbehalten.]

Doktordissertationen

Hans E. Jaeschke, Der Hysteresemotor. T. H. Breslau 1940.

Gotthilf Krug, Untersuchungen über Holzschutzmittel und Holztränkung. T. H. Berlin 1939.

Gerhard Schadwinkel, Beiträge über die Schirmwirkung von Hüllen gegen Streufelder des 50-periodigen Wechselstromes. T. H. Berlin 1940. (Erscheint als Buch im Verlag Konrad Triltsch, Würzburg-Aumühle.)

Lebrecht Tetzlaff, Der Einfluß von verschiedenen Schweißfolgen auf die Güte der Lichtbogenschweißung unter Berücksichtigung wichtiger betriebstechnischer Faktoren aus dem Schiffbaubetrieb. T. H. Berlin 1939.

Wolfgang Burkhardtsmaier, Der Einfluß der Betriebsspannung auf die Blitzeinschlaggefahr bei Freileitungen; seine Ermittlung durch Modellversuche. T. H. Berlin 1940.

Hans-Ulrich Meyer, Die Erzeugung von Beleuchtungsfunken für Hochfrequenzkinematographie mit einem Maschinensender. T. H. Berlin 1940.

Heinrich Winkelnkemper, Theoretische Untersuchung über schwingungsfreie Frequenzregelung. T. H. Berlin 1940.

Otto Winter, Polarographische Untersuchung der elektrolytischen Abscheidung und Auflösung von Silber mit wässeriger Lösung. T. H. Berlin 1940.

Heinrich Nolte, Prüfverfahren für Heizdrähte in Luft. T. H. Hannover 1940.

[1]) 1. Auflage: ETZ 51 (1930) S. 1442.

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Obering. A. Molly VDE, Berlin-Charlottenburg, Fritschestr. 81

Direktor F. Sessinghaus VDE, Kierspe i. Westf., Josef-Wagner-Straße 812

Abschluß des Heftes: 6. Juni 1941

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE (z. Z. im Felde)
G. H. Winkler VDE (z. Z. im Felde)
H. Hasse VDE und R. Henrichs VDE

Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.



Elektrotechnische Zeitschrift
(Zentralblatt für Elektrotechnik)
Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894
Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.
Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9
62. Jahrgang Berlin, 19. Juni 1941 Heft 25

Die Stromversorgung der künftigen Wohnungsbauten

Von H. Laurick VDE, Berlin

DK 621.316.1 : 644.1/.6

Übersicht. Die zweckmäßige Versorgung der nach dem Kriege zu erstellenden Wohnungsbauten mit elektrischer Energie wird beschrieben und die Ausführung der gesamten Hausinstallation im einzelnen dargestellt.

Allgemeines

Durch den vom Führer herausgegebenen „Erlaß zur Vorbereitung des deutschen Wohnungsbaues nach dem Kriege" vom 15. 11. 1940 sind die Grundsätze für das zukünftige Wohnungsbauprogramm festgelegt worden. Nach den Berechnungen des Arbeitswissenschaftlichen Institutes der DAF. fehlen in den nächsten 20 Jahren etwa 6 Mill Wohnungen. Hiervon sollen im ersten Jahr nach dem Kriege etwa 300 000 Wohnungen neu gebaut werden. Diese Zahl soll in den weiteren Jahren jedoch so erhöht werden, daß nach Möglichkeit bereits 10 Jahre nach Kriegsschluß die erforderlichen 6 Mill neuen Wohnungen zur Verfügung stehen[1]). Die Form des Wohnungsbaues richtet sich nach den am Bauort vorliegenden Verhältnissen. Daher kommen sowohl die Geschoßwohnung als auch das Eigenheim und die Kleinsiedlung in Betracht. Für die Größe der einzelnen Wohnungen ist festgelegt, daß 80 % Vierraumwohnungen, 10 % Fünfraumwohnungen und 10 % Dreiraumwohnungen gebaut werden sollen.

Den nachstehenden Betrachtungen sollen in der Hauptsache die Vierraumwohnungen zugrunde gelegt werden, für die folgende Mindestmaße vorgeschrieben sind:

1 Wohnküche	24 m²
1 Elternschlafzimmer	16 „
2 Schlafzimmer zu je 10 m²	20 „
1 Duschraum mit getrenntem Abort	5 „
1 Flur	6 „
1 Balkon	3 „
	74 m²

Bei der Planung der Stromversorgungseinrichtungen muß weiterhin an die zweckmäßige Ausstattung des Luftschutzraumes, der Waschküche, der Rundfunkanlage usw. gedacht werden.

Art der Energieversorgung

Die Anwendung der Elektrizität für die Beleuchtung, für den Rundfunkempfang und für den Antrieb von Motoren ist inzwischen so selbstverständlich geworden, daß auf die Versorgung aller Wohnungsbauten mit Elektrizität nicht mehr verzichtet werden kann. Da die Elektrizität aber auch den übrigen Bedarf eines Haushalts in vollkommener Form decken kann, sollte eine gleichzeitige Versorgung mit Gas mit Rücksicht auf die hierdurch entstehenden Mehrkosten nur in besonders gelagerten Fällen erfolgen. Ellermann[2]) rechnet beispielsweise für einen Bauabschnitt mit etwa 800 Wohnungen in etwa 80 Wohnhäusern bei doppelter Energieversorgung mit 120 000 RM Mehrkosten und etwa 90 000 kg Mehreisenbedarf. Die Technischen Werke in Stuttgart nehmen auf Grund ihrer Erfahrungen an, daß die Kosten für Zuleitung und Verteilung elektrischer Energie für größere Wohngebäude bei Verwendung von Freileitungen 30 bis 40 % unter den Kosten einer Doppelversorgung liegen[3]). Bei Versorgung mit nur einer Energieform ergibt sich weiterhin durch Einsparen von Schornsteinen außer der Kostenersparnis eine Vergrößerung des nutzbaren Raumes. Der Mieter kann außerdem einen günstigen Tarif erlangen; so liefern einige Werke den Strom schon mit einem Arbeitspreis von 4 Rpf/kWh, wobei der Mieter lediglich an eine Mindestabnahme gebunden ist, die aber erreicht wird, wenn elektrisch gekocht wird. Außer dem Arbeitspreis ist hierbei ein Grundpreis zu zahlen, der sich nach der Anzahl der Räume richtet.

In hygienischer Beziehung bietet das Aufstellen eines Elektroherdes insofern besondere Vorteile, als die Wohnung ja nicht eine Wohnstube und eine vollkommen getrennte Küche erhält, sondern eine Wohnküche, d. h. einen Raum, in dem die ganze Familie sich tagsüber aufhält.

Netzgestaltung

Bei der Aufteilung des Baugeländes muß angestrebt werden, daß die gesamte Länge der Straßenzüge und damit die Länge der Netzverteilungsleitungen möglichst gering wird. Als Verteilungs-Stromart und -Spannung soll, wenn nicht ganz besondere beim liefernden Elektrizitätsversorgungsunternehmen vorliegende Verhältnisse dagegen sprechen, Drehstrom mit 3 × 220/380 V gewählt werden. Man kann mit dieser Spannung bei gleichen Querschnitten und gleichen Spannungsabfällen die 3fache Leistung übertragen wie bei 3 × 125/220 V; gegenüber einem Netz von 3 × 220 V ohne Nulleiter ergibt sich bei gleicher Metallmenge etwa die 2,4fache Leistungsfähigkeit.

Betrachtet man das ganze Netz einschließlich der Stationen und der erforderlichen Hochspannungsleitungen zu den Stationen unter Zugrundelegen der Vollelektrifizierung, so entstehen beim Kabelnetz etwa 20 %, bei Frei-

[1]) Simon, Der soziale Wohnungsbau in Deutschland (1941) S. 4.

[2]) Ellermann, Elektrodienst für das Wohnungswesen, Sept. 1940.

[3]) Hottmann, Z. öffentl. Wirtsch. (1941) S. 26.

leitungen etwa 40 % Mehrkosten bei einem 220 V-Netz gegenüber einem 380 V-Netz.

Bei der Planung ist darauf Wert zu legen, daß die Transformatorenstationen möglichst in der Nähe der Lastschwerpunkte untergebracht werden. Um gute Spannungsverhältnisse zu erreichen, ist insbesondere bei kleineren Netzen eine genügende Anzahl von Ableitungen von den Stationen vorzusehen, wobei zum Erzielen eines guten Lastausgleichs an entfernteren Stellen auch Querverbindungen vorgenommen werden können. Bei Kabelnetzen ist ein Vermaschen vorteilhaft.

Bei der Frage, ob ein Kabel- oder Freileitungsnetz erstellt werden soll, ist die Art der Bebauung und die Lastdichte von ausschlaggebender Bedeutung. Die letztere ergibt sich aus der Zahl der Abnehmer je km², multipliziert mit der mittleren anteiligen Belastung je Abnehmer. Als mittlere anteilige Belastung je Abnehmer können bei Versorgung für Lichtzwecke 125 W, bei Versorgung für Licht- und Kochzwecke 400 W angesetzt werden. Für die Heißwasserbereitung ist mit einem Zuschlag von etwa 200 W je Anlage zu rechnen; bei geringer Abnehmerdichte und Heißwasserbereitern mit Anschlußwerten über 3 kW wird dieser Zuschlag sicherheitshalber auf 400 W erhöht.

Für ein Versorgungsgebiet bestimmter Größe steigen die Erstellungskosten für Freileitungs- und Kabelnetze einschließlich zugehöriger Stationen, Transformatoren usw. mit zunehmender Lastdichte. An sich sind allerdings nicht die Erstellungskosten maßgebend, da Kabelnetze eine viel längere Lebensdauer besitzen und geringere laufende Betriebskosten verursachen als Freileitungsnetze. Es kommt vielmehr auf die jährlich entstehenden Kosten an, wobei außer den Ausgaben für Verzinsung und Tilgung die Betriebs- und Verlustkosten zu berücksichtigen sind. Bild 1 zeigt als Beispiel den Vergleich der jährlichen Kosten für Aluminium-Freileitungs- und Kabelnetze für 3 × 220/380 V in Abhängigkeit von der Lastdichte, wobei bestimmte Voraussetzungen über die Höhe des Zinssatzes, die Ausgestaltung der Netze usw. gemacht sind, die sich von Fall zu Fall ändern können.

Da in Gebieten mit sehr geringer Lastdichte auch bei Freileitungen die Jahreskosten je Abnehmer sehr hoch liegen, ist es üblich, für solche Gebiete stellenweise höhere Spannungsverluste im Netz zuzulassen. Hieraus ergeben sich Ersparnisse an Kapitaldienst und an Betriebskosten, ohne die die wirtschaftliche Versorgung solcher Gebiete mitunter in Frage gestellt wäre.

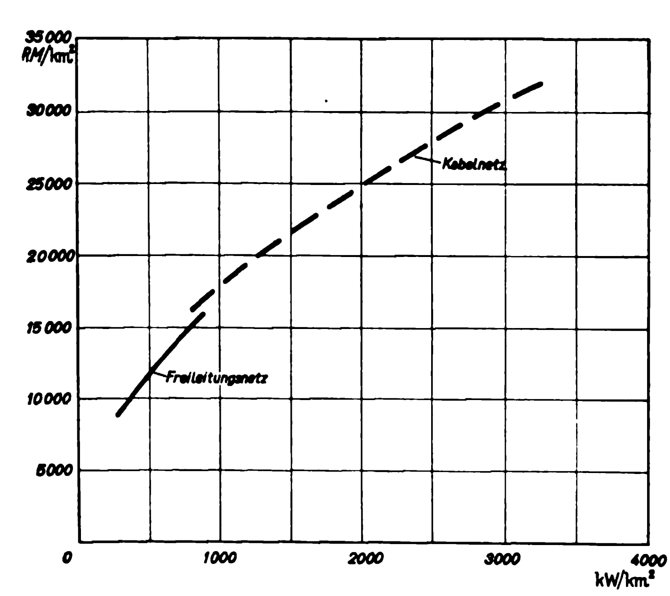


Bild 1. Beispiel der jährlichen Kosten für Freileitungs- und Kabelnetze in Abhängigkeit von der Lastdichte.



Bild 2. An Auslegern verlegte Freileitungen.

Wo nicht städtebauliche oder architektonische Gesichtspunkte entscheidend sind, kommt man im allgemeinen zu dem Ergebnis, daß für Geschoßwohnungen, die in geschlossener Bauweise errichtet werden, Kabelnetze, für Eigenheime und Kleinsiedlungen Freileitungsnetze in Betracht kommen.

Bei Geschoßwohnungsbauten und hohen Lastdichten wird in den meisten Fällen die Anordnung der Verteilungskabel auf beiden Seiten der Straße unter den Bürgersteigen am wirtschaftlichsten sein. In Gebieten mit geringen Lastdichten wird man jedoch von Fall zu Fall prüfen müssen, ob das einseitige Verlegen wirtschaftlicher ist. Hierbei können an ein und dasselbe Überwegkabel auch mehrere Hausanschlüsse angeschlossen werden. In gewissen Fällen dürfte auch der Anschluß mehrerer Häuser an ein und denselben Hausanschluß wirtschaftlich sein. Eine solche Anordnung setzt aber voraus, daß die hinter dem Hausanschluß hierdurch entstehende Erhöhung der Installationskosten niedriger ist als die Ersparnisse, die auf der Netzseite erzielt werden. Freileitungen werden im allgemeinen einseitig verlegt; nur in verkehrsreichen Straßen (Ausfallstraßen), die mit Freileitungen nicht überquert werden dürfen, muß zweiseitiges Verlegen vorgesehen werden. Bei der hierbei üblichen Verlegung an Holzmasten ist die Wartung einfach und Betriebsstörungen können schnell behoben werden; auch die Straßenbeleuchtung läßt sich einfach anordnen. Ein Aufstellen der Maste hinter den Häusern hat zwar den Vorteil, daß eine ungünstige Beeinflussung des Straßenbildes vermieden wird; es muß aber die schlechtere Bedienungs- und Unterhaltungsmöglichkeit berücksichtigt werden. Die Verwendung von Dachständern ergibt eine unauffälligere Verlegung, die Zugänglichkeit wird jedoch erschwert. Die weniger gebräuchliche Verwendung von Auslegern zeigt Bild 2. Hierbei sind die Leitungen besser zugänglich als bei Dachständern. Allerdings kann diese Verlegung nur bei solchen Häusern angewendet werden, bei denen keine zufällige Berührung der Leitungen von Fenstern aus möglich ist.

Hausanschlüsse

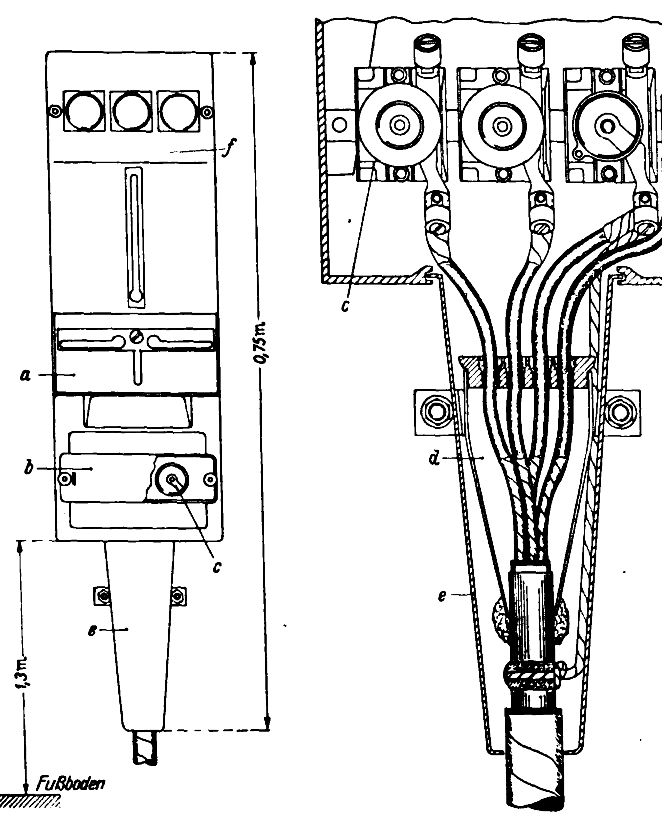
Sowohl bei Kabel-Hausanschlüssen als auch bei Freileitungs-Hausanschlüssen bestehen verschiedene Möglichkeiten für das Einführen der Leitungen in das Haus[4]). Grundsätzlich muß hierbei Wert darauf gelegt werden, daß das Leitungsstück zwischen der Einführung in das Haus bis zum Hausanschlußkasten möglichst kurz wird und daß der Kasten selbst jederzeit zugänglich ist. Früher wurde für die Kästen bei Kabeln meistens Gußeisen, bei Freileitungen Stahlblech verwendet. Für beide Ausführungsarten gibt es heute verschiedene Ausführungsformen

[4]) Laurick, ETZ 55 (1934) S. 37.

in Preßstoff, die gegenüber solchen aus Metall den Vorteil haben, daß sie keine Spannung annehmen und nicht korrodieren können.

Kabelhausanschlußkästen werden im allgemeinen so ausgeführt, daß der untere Teil, in dem sich der Kabelendverschluß und die Sicherungen befinden, nur dem Elektrizitätsversorgungsunternehmen zugänglich sein soll (Plombierung), während der obere, dem Installateur zugängliche Teil die Anschlußklemmen für die abgehende Leitung enthält. Demgegenüber wird allgemein bei Freileitungs-Hausanschlußkästen auf die besondere Anschlußkammer für die abgehenden Leitungen verzichtet. Dies ist ohne weiteres auch bei Kabel-Hausanschlußkästen möglich, ohne daß hierdurch Nachteile in Kauf genommen werden müssen.

Erhalten Einfamilien- oder Siedlungshäuser einen Kabelhausanschluß, so sollte man auf den üblichen Hausanschlußkasten verzichten und einfachere Lösungen wählen. Die Bilder 3 und 4 zeigen beispielsweise einen vereinfachten Kabelhausanschluß für Kleinhäuser, bei dem das Hausanschlußkabel unmittelbar an die Zählertafel herangeführt und angeschlossen wird, so daß der sonst übliche Hausanschlußkasten in Fortfall kommt. Diese Vereinfachung hat den Vorteil der Platz- und Kostenersparnis. Die Sicherungselemente reichen für 25 A aus; bei Vierleiteranschluß 3 × 220/380 V können demnach 16,5 kW entnommen werden. Auch bei Freileitungsanschlüssen könnte man sich vorstellen, daß ähnliche vereinfachte Lösungen in vielen Fällen praktisch wären.



a Zählertafel
b Abdeckkappe für die Hausanschluß-Sicherungen
c Sicherungselemente
d Endverschluß
e Abdeckkappe für den Endverschluß
f Abdeckkappe für die Sicherungen hinter dem Zähler

Bilder 3 und 4. Vereinfachter Kabelhausanschluß für Einfamilien- und Siedlungshäuser.

Hausanschlußkästen werden am besten mit trägen Sicherungen ausgerüstet, die eine genauere Abschmelzkennlinie besitzen als schnelle Sicherungen und kurzzeitige Überlastungen aushalten.

Hauptverteilung

Bei Geschoßwohnungsbauten ist es erforderlich, hinter dem Hausanschluß eine Hauptverteilung vorzusehen, an der die Steigeleitungen für die einzelnen Aufgänge, die Zuleitungen für die Treppen-, Keller- und Bodenbeleuchtung, die Waschkücheneinrichtung sowie die elektrischen Einrichtungen des Luftschutzraumes getrennt gesichert werden. Diese getrennte Sicherung ist mit Rücksicht auf die Verschiedenheit der Leitungsquerschnitte erforderlich. Es ist unzweckmäßig, an der Hauptverteilung an Stelle normaler Sicherungen Installationsselbstschalter zu setzen, weil an der unmittelbar hinter dem Hausanschluß liegenden Verteilung verhältnismäßig hohe Kurzschlußströme auftreten können, denen die Selbstschalter unter Umständen nicht gewachsen sind. Dies ist besonders bei größeren zusammenhängenden vermaschten Netzen der Fall. Um die Haupt- und Steigeleitungen möglichst gut ausnutzen zu können, empfiehlt sich hierfür der Einbau träger Sicherungen.

Haupt- und Steigeleitungen

Von Haupt- und Steigeleitungen kann man praktisch nur bei Geschoßbauten sprechen. Die Leitungsquerschnitte müssen so bemessen sein, daß sie bei der höchsten auftretenden Belastung keine unzulässige Erwärmung annehmen können und daß weiterhin der zulässige Spannungsabfall nicht überschritten wird. Vor der unzulässigen Erwärmung sind die Leitungen zwar durch die vorgeschalteten Sicherungen geschützt, aber es muß dafür gesorgt werden, daß bei normalem Betrieb die Sicherungen nicht durchbrennen, das heißt, der Leitungsquerschnitt muß ausreichend groß bemessen sein.

Bezüglich des Spannungsabfalls schreiben die Elektrizitätsversorgungsunternehmen vor, daß zwischen Hausanschluß und Zähler ein bestimmter Spannungsabfall nicht überschritten werden darf. Manche Werke lassen hierbei nur 0,5 % zu. Für Eigenheime und kleine Siedlungen treten durch das Festlegen dieses Wertes keine Schwierigkeiten auf; bei Geschoßbauten, in denen von einem Hausanschluß mehrere Steigeleitungen versorgt werden, ergeben sich jedoch unter Umständen unverhältnismäßig große Querschnitte. Im Versorgungsgebiet Berlin hat man mit Rücksicht hierauf bereits seit Jahren einen Spannungsabfall von 1,5 % zwischen Hausanschluß und Zähler für zulässig erklärt. Um Werkstoff einzusparen, sollte angestrebt werden, daß auch andere Elektrizitätsversorgungsunternehmen diesen Wert übernehmen, soweit nicht besonders ungünstige Netzverhältnisse vorliegen.

Beim Anschluß von Elektroherden reichen erfahrungsgemäß die in Tafel 1 genannten Querschnitte aus. Alle in diesem Aufsatz angegebenen Querschnitte gelten für Aluminiumleitungen. Bei der Aufstellung der Tafel ist vorausgesetzt, daß Dreiplatten-Vollherde (also mit Brat- und Backofen) zur Aufstellung kommen, die 2polig angeschlossen werden. Mit Rücksicht auf die höheren Anschaffungs- und Unterhaltungskosten für die Zähler, die bei 3poligem Anschluß entstehen, soll man diesen nur in besonderen Fällen verlangen.

Die Tafel 1 enthält in der letzten Spalte die zulässige einfache Länge, die sich bei Ausnutzung der Leitungen mit ihrer Nennstromstärke und bei Zugrundelegung eines Spannungsabfalls von 1,5 % zwischen Hausanschluß und Zähler ergibt. Da diese Längen bei Querschnitten zwischen



Tafel 1. Bemessung der Haupt- und Steigeleitungen bei Anschluß von Dreiplatten-Vollherden sowie Heißwasserbereitern bis 2 kW.

Stromart und Spannung	Querschnitt der Aluminiumleiter in mm² bei einer Wohnungszahl von												Zulässige einfache Leitungslänge vom Hausanschluß bis Mitte Steigeleitung
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Gleich- oder Wechselstrom 220 V (Zweileiter)	10	16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	25 m
Gleichstrom 2 × 220 V (Dreileiter)	—	10	16	16	16	16	25	25	25	25	25	25	50 m
Drehstrom 3 × 220/380 V (Vierleiter)	—	—	10	16	16	16	16	16	16	25	25	25	50 m
Drehstrom 3 × 220 V (Dreileiter)	—	16	16	25	25	25	25	25	25	35	35	35	30 m

10 bis 50 mm² nur um ± 10 % voneinander abweichen, wurde für die einzelnen Stromarten und Spannungen ein Mittelwert eingesetzt. Wie man erkennt, liegen die Verhältnisse bei dem vorgeschlagenen Drehstrom-Vierleiternetz 3 × 220/380 V besonders günstig.

Werden Heißwasserbereiter mit größerem Anschlußwert, also etwa 3 bis 6 kW aufgestellt, so sind die Zahlen der Tafel 2 anzuwenden. Bei kleiner Wohnungszahl muß

Tafel 2. Bemessung der Haupt- und Steigeleitungen bei Anschluß von Dreiplatten-Vollherden sowie Heißwasserbereitern von etwa 3 bis 6 kW.

Stromart und Spannung	Querschnitt der Aluminiumleiter in mm² bei einer Wohnungszahl von											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	3- bzw. 4pol. Anschluß						2pol. Anschluß					
Gleichstrom 2 × 220 V (Dreileiter)	10	16	25	25	25	25	35	35	50	50	50	50
Drehstrom 3 × 220/380 V (Vierleiter)	6	10	10	16	16	16	35	35	35	35	35	35
Drehstrom 3 × 220 V (Dreileiter)	10	16	25	25	25	25	35	35	50	50	50	50

man zum 3- bzw. 4poligen Anschluß übergehen, um eine störende ungleichmäßige Belastung zu vermeiden. Bei einer Wohnungszahl von etwa 7 Wohnungen und mehr kann man wieder den 2poligen Anschluß wählen. Für die mit Rücksicht auf den Spannungsabfall zulässigen Leitungslängen gelten die gleichen Werte wie in Tafel 1. Werden für die Küche und das Badezimmer getrennte Heißwasserbereiter mit großem Anschlußwert aufgestellt, so wird ein Umschalter vorgesehen, damit jeweilig nur ein Heißwasserbereiter in Betrieb genommen werden kann.

Während die Hauptleitungen durch den Keller zweckmäßig in Isolierrohr auf Abstandschellen verlegt werden, werden die Steigeleitungen in den Treppenhäusern unter Putz in Gummi- oder Isolierrohr hochgeführt.

In jedem Stockwerk werden in einem Stockwerkabzweigkasten die Abzweigungen zu den einzelnen Wohnungen vorgenommen. Nach den zur Zeit in Neubearbeitung befindlichen Errichtungsvorschriften des VDE wird es voraussichtlich möglich sein, für die Abzweigleitung den jeweils nächstniedrigeren Leitungsquerschnitt zu wählen, ohne Sicherungen zu setzen. Bei starken Steigeleitungsquerschnitten, z. B. 35 und 50 mm², würde auch eine derartige Festlegung noch keine ausreichende Erleichterung bringen. Mit Rücksicht auf eine einfache Anschlußmöglichkeit am Zähler sollte man, gleichgültig wie stark die Steigeleitung bemessen ist, im allgemeinen keinen größeren Querschnitt als 16 mm² für die Abzweigleitungen zu den einzelnen Wohnungen verlangen. Da die Wohnungen im allgemeinen nur 2polig angeschlossen werden, muß, insbesondere wenn gleichzeitig Herde und Heißwasserbereiter aufgestellt werden, auf eine gleichmäßige Verteilung der Wohnungsanschlüsse auf die einzelnen Außenleiter Wert gelegt werden. Diese an sich selbstverständliche Forderung, die die Voraussetzung für die richtige Bemessung der Leitungen ist, kann aber praktisch nicht erfüllt werden, da das übliche Leitungsmaterial hierfür nicht geeignet ist. Die NGA-Leitungen werden meistens in schwarzem Farbton geliefert. Lediglich für den Nullleiter ist die graue Farbe üblich. Erst die farbige, unterschiedliche Kennzeichnung sämtlicher Phasenleiter würde eine richtige Verteilung der Abzweigleitungen ermöglichen.

Man könnte auch daran denken, daß die einzelnen Außenleiter der Steigeleitung immer an die gleiche Klemme der einzelnen Stockwerksabzweigkästen angeschlossen werden. Dann müßte von Stockwerk zu Stockwerk der Außenleiter durch Messen festgestellt werden. Dies läßt sich aber schlecht durchführen, weil die Klemmen für die einzelnen Außenleiter in verschiedener Höhe angebracht sind, so daß die Leitungen, wenn zwecks Messung die Isolierung an den Klemmstellen entfernt ist, nicht mehr vertauscht werden können. Im übrigen sind die vorzunehmenden Messungen auch zu umständlich. Es ist daher unbedingt notwendig, die geringe Verteuerung, die sich bei farbigen NGA-Leitungen ergibt (etwa 5 %), mit in Kauf zu nehmen, um die notwendige richtige Verteilung der Anschlüsse durchführen zu können.

Zähler, Zählertafel und Stromkreisverteilung

Von der zentralen Anordnung der Zähler in Keller- oder Erdgeschoßräumen ist man inzwischen fast überall abgegangen, da sich gegenüber der Anordnung der Zähler in den einzelnen Wohnungen zu große Nachteile ergeben. Diese Nachteile machen sich besonders bemerkbar, wenn außer der Lichtinstallation auch Herde und Heißwasserspeicher angeschlossen werden. Auch die früher empfohlene Aufstellung der Zähler in den Treppenfluren wird immer mehr verlassen und der Anordnung der Zähler in den einzelnen Wohnungen der Vorzug gegeben. Wenn möglich, wird der Zähler in einer Nische, die schon beim Rohbau vorgesehen wird, untergebracht.

Bei den einzelnen Elektrizitätsversorgungsunternehmen Deutschlands sind zur Zeit verschiedene Zählertafeln in Gebrauch, ohne daß hierfür eine Notwendigkeit vorliegt. Die Schaffung einer reichseinheitlichen Zählertafel ist daher dringend erwünscht. Aus Gründen der Werkstoffeinsparung ist zur Zeit die Herstellung von Blech-Zählertafeln verboten, so daß hierdurch bereits eine gewisse Marktbereinigung erzielt ist. Die Wirtschaftsgruppe Elektrizitätsversorgung bemüht sich jetzt gemeinsam mit der Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie, die konstruktive Gestaltung einer Einheitszählertafel festzulegen und damit eine endgültige Lösung zu erzielen. Hierbei muß angestrebt werden, daß nicht nur die Tafel an sich preiswert wird, sondern daß auch das Anbringen des Zählers und das Befestigen der Tafel auf der Wand denkbar einfach werden, damit die Gesamtkosten, die letzten Endes der Abnehmer aufzubringen hat, ein Minimum ergeben.

Als gebräuchlichster Wechselstromzähler für Haushaltanlagen mit Herden und Heißwasserbereitern kleiner Leistung kann der Typ 10 (30) A angesehen werden, der für 10 A Nennstrom bemessen und bis 30 A thermisch und meßtechnisch überlastbar ist. Bei umfangreicherer Einführung von Heißwasserbereitern mit großem Anschlußwert wäre zweckmäßig der Typ 30 (50) A anzuwenden.



An der Verteilung hinter dem Zähler werden die einzelnen Stromkreise der Wohnung gesichert. Obwohl Selbstschalter an Stelle von Sicherungen für den Betrieb der Anlagen sehr angenehm sind, wird man sich mit Rücksicht auf die höheren Kosten bei den nach dem normalen Programm erbauten Wohnungen mit Sicherungen begnügen müssen. Es muß dann den einzelnen Abnehmern überlassen bleiben, von sich aus später die Sicherungen durch Einschraub-Selbstschalter zu ersetzen. Für die Lichtinstallation, den Elektroherd und den Heißwasserbereiter wird je ein Stromkreis vorgesehen. Die Steckdosen können mit auf den Lichtstromkreis geschaltet werden, für den ein Querschnitt von 2,5 mm² Al gewählt wird.



Bild 5. Stegleitung in einer Holzbalken-Hohldecke verlegt.

Lichtinstallation

Es empfiehlt sich, folgende Auslässe vorzusehen:

Wohnküche:

1 Deckenauslaß im Wohnraumteil mit Ausschalter an der Tür,

1 Deckenauslaß für den Kochnischenteil mit Ausschalter,

3 Steckdosen mit Schutzkontakt für Kühlschrank, Schnellkocher und allgemeinen Verbrauch.

Elternschlafzimmer:

1 Deckenauslaß mit Wechselschalter an der Tür und Zugwechselschalter über der Bettmitte,

je 1 Doppelsteckdose über dem Nachttisch in 80 cm Höhe für Nachttisch- oder Leselampe sowie Heizkissen u. dgl.

Kinderschlafzimmer:

1 Deckenauslaß mit Ausschalter an der Tür,

1 Steckdose.

Duschraum:

1 Wandauslaß über dem Waschbecken mit Schalter an der Tür.

Flur:

1 Deckenauslaß mit Schalter.

Abort:

1 Deckenauslaß mit Ausschalter an der Tür.

Balkon:

1 Steckdose.

Zur Unterputzverlegung können verschiedene Leitungs- und Rohrarten verwendet werden. Als am besten hierfür geeignet haben sich bisher das Isolierrohr, das Gummirohr und der Rohrdraht erwiesen. In Zukunft wird aber auch die Verlegung sogenannter Stegleitungen, wie sie in VDE 0283/I. 40 beschrieben sind, von großer Bedeutung werden. Derartige Leitungen sind ein-, zwei- oder dreiadrig. Bei den mehradrigen Leitungen sind die gummiisolierten Adern flach nebeneinander angeordnet und mit einer gemeinsamen Hülle aus Regeneratmischung oder aus thermoplastischem Kunststoff umgeben, die zwischen den Adern Stege bildet. Diese Leitungen werden unmittelbar auf der unverputzten Wand verlegt und mit Stahlnägeln, die durch die Stege geschlagen werden, befestigt. Messungen an vor Jahren versuchsweise eingebauten Leitungen zeigten, daß der Isolationswiderstand besser war als bei in Rohr verlegten Leitungen. Während allerdings die in Rohr verlegten Leitungen ausgewechselt werden können, ist dies bei Stegleitungen nicht möglich. Dafür fallen bei Stegleitungen die Stemmarbeiten praktisch weg. Außerdem kann bei Großbauten die Montage dadurch erleichtert werden, daß auf der Baustelle die Leitungen für die gleichen Räume bereits auf ihre richtige Länge vorgeschnitten werden, so daß sie nur noch angenagelt zu werden brauchen. Bild 5 zeigt als Beispiel die Verlegung einer 3adrigen Stegleitung auf einer unverputzten Wand und in einer Holzbalken-Hohldecke. Auf der Wand sieht man den Übergang von der waagerechten auf die senkrechte Leitungsführung. Hierbei wird der Steg zwischen den beiden Leitungsadern auf eine Länge von etwa 10 cm aufgeschnitten und die beiden nach innen liegenden Adern in einer Schleife geführt.

Es ist auch vorgeschlagen worden, die Leitungen für die einzelnen Räume, wenn es sich um Großbauten handelt, bereits fabrikmäßig mit Schaltern, Steckdosen, Abzweigdosen usw. herzurichten, so daß sie an Ort und Stelle nur noch angenagelt zu werden brauchen. Dann sind nur noch kleinere installationstechnische Arbeiten nötig, wie das Zusammenschalten der einzelnen Räume u. dgl. Dieser Vorschlag wird wahrscheinlich aber keine Bedeutung erlangen, da für seine wirtschaftliche Durch-

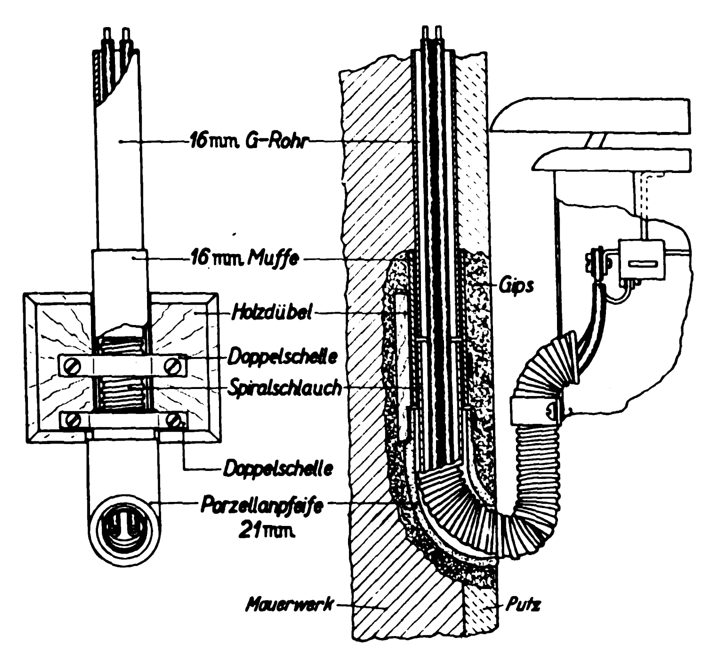


Bild 6. Anschluß eines Herdes bei Anwendung der Nullung.

führung Voraussetzung ist, daß laufend tausende in ihren Abmessungen und ihrer Benutzungsart vollkommen gleichartige Räume gebaut werden. Bei dem neuen Wohnungsbauprogramm werden sich aber sicherlich bei den einzelnen Baugruppen gewisse Unterschiede in den räumlichen Abmessungen ergeben, wenn diese auch nur gering sein mögen.

Installation von Herden und Heißwassergeräten

Für die Zuführung von der Verteilung hinter dem Zähler bis zum Herd werden NGA-Aluminiumleitungen mit einem Querschnitt von $2 \times 6\,\text{mm}^2$ gewählt, die in Gummirohr oder Isolierrohr unter Putz verlegt werden. Den unmittelbaren Anschluß am Herd nahm man bisher meistens über eine Gummischlauchleitung vor. Einfacher ist es, die NGA-Leitung direkt bis zu den Herdanschlußklemmen zu führen und die aus der Wand heraustretenden Enden der Leitung durch einen Metallschlauch zu schützen. Bild 6 zeigt hierfür ein Ausführungsbeispiel. Hierbei enden sowohl das Gummirohr bzw. Isolierrohr als auch der Metallschlauch in einem Holzdübel, der eine Aussparung zur Aufnahme des Rohres und des Schlauches besitzt. Eine eingegipste Porzellantülle verhindert ein Ausbrechen des Putzes an der Stelle, an der der Metallschlauch aus der Wand heraustritt. Wird der Herd geerdet, so daß noch eine Erdungsleitung erforderlich wird, so tritt an Stelle des Holzdübels eine Rohrdose mit 3 Stutzen, wie Bild 7 zeigt.

wird man die Erdung, wobei die Wasserleitung als Erde benutzt wird, anwenden. Nur wenn der Erdungswiderstand zu hoch ist und sich beispielsweise bei Kabelnetzen auch durch Verbindung der Wasserleitung mit dem Bleimantel am Hausanschlußkasten keine ausreichende Verbesserung erzielen läßt, sollte die Schutzschaltung angewandt werden. Bei Heißwasserbereitern muß in diesem Fall die leitende Verbindung mit dem Wasserrohrnetz aufgehoben werden, d. h. die Heißwasserbereiter müssen über isolierende Rohre (Hartporzellan) mit der Wasser-

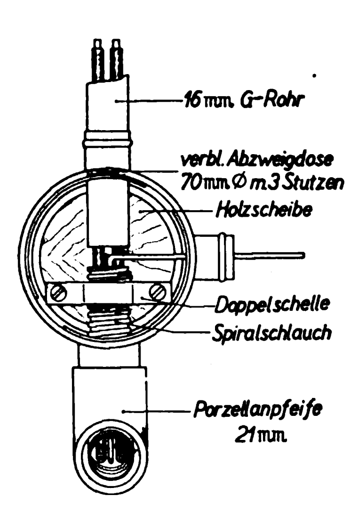
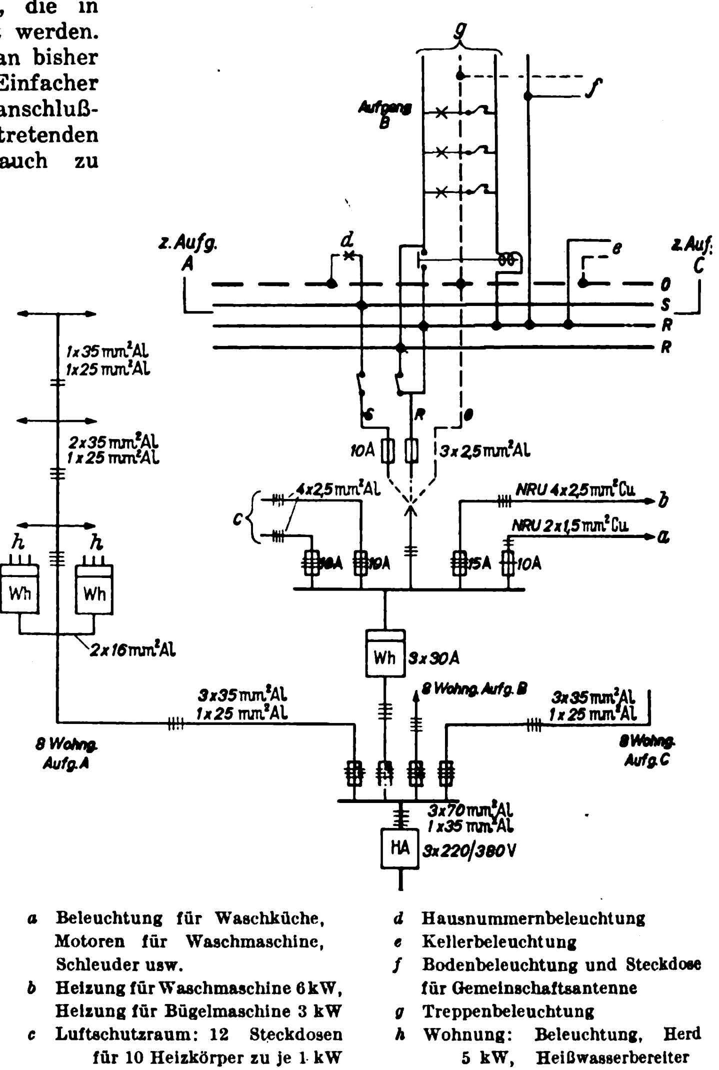


Bild 7. Abzweigdose für einen Herdanschluß bei Anwendung der Erdung.



a Beleuchtung für Waschküche, Motoren für Waschmaschine, Schleuder usw.
b Heizung für Waschmaschine 6 kW, Heizung für Bügelmaschine 3 kW
c Luftschutzraum: 12 Steckdosen für 10 Heizkörper zu je 1 kW sowie 2 Kochplatten, Kocher oder dgl.
d Hausnummernbeleuchtung
e Kellerbeleuchtung
f Bodenbeleuchtung und Steckdose für Gemeinschaftsantenne
g Treppenbeleuchtung
h Wohnung: Beleuchtung, Herd 5 kW, Heißwasserbereiter 5 kW

Bild 8. Beispiel für die gemeinsame Hausinstallation für 3 Aufgänge in einem Geschoßbau.

Auch bei Heißwasserbereitern sollte man auf die Benutzung einer besonderen Gummischlauchleitung verzichten und die NGA-Leitungen direkt zum Gerät führen. Die Installation muß hierbei so ausgeführt werden, daß das aus der Wand heraustretende, durch einen Metallschlauch geschützte Stück der NGA-Leitung möglichst kurz wird. Der Kühlschrank wird über eine mit Schutzleiter versehene Anschlußschnur mit Schutzkontaktstecker an eine Schutzkontaktsteckdose angeschlossen.

Für Herde, Heißwasserbereiter und Kühlschränke sollte man auf alle Fälle Schutzmaßnahmen gegen zu hohe Berührungsspannung anwenden. Wo die Netzverhältnisse dies gestatten, ist die einfachste Schutzmaßnahme die Nullung. Ist die Nullung nicht anwendbar, so

leitung verbunden werden. Im Berliner Versorgungsnetz ergab sich beispielsweise, daß bei 8000 Anlagen im Drehstromnetz ohne Nulleiter in 82 % der Fälle die Erdung, in 18 % der Fälle die Schutzschaltung in Betracht kam. Nach den Richtlinien für die Benutzung des Wasserrohrnetzes zur Erdung in elektrischen Starkstromanlagen VDE 0190/VII. 40 wird in Zukunft die leitende Überbrückung des Wassermessers bei Benutzung der Wasserleitung für Erdungszwecke in den meisten Fällen nicht mehr notwendig sein.

Für die in Küchen installierten Steckdosen wurden bisher bezüglich der Schutzkontaktfrage die VDE-Vorschriften leider ganz verschieden ausgelegt. Dies führte häufig, insbesondere in Grenzfällen, zu Unzuträglichkei-

ten. Daher muß unbedingt in Zukunft in dieser Frage eine endgültige Festlegung getroffen werden, nach der sich sämtliche Elektrizitätswerke richten. Man sollte hierbei grundsätzlich zur Steckdose mit Schutzkontakt übergehen.

Allgemeine Hausinstallation

Zu der allgemeinen Hausinstallation gehören die Treppen-, Boden- und Kellerbeleuchtung, die Waschküchen- und Luftschutzkellereinrichtung sowie die Rundfunkanlage.

Für Einfamilien- und Siedlungshäuser ergeben sich für die Treppen- und Hausnummernbeleuchtung keine besonderen Gesichtspunkte, da der Anschluß an der normalen Lichtinstallation liegt. Will man bei Geschoßbauten eine einfache und bequem zu bedienende Anlage erhalten, so installiert man zweckmäßig nach der Schaltung Bild 8. Hierbei wird die Hausnummern- und Treppenbeleuchtung abends von einer Stelle aus von Hand gleichzeitig für mehrere Aufgänge, die zwischen zwei Brandmauern liegen, geschaltet.

Nach dem Ausschalten kann die Treppenbeleuchtung in jedem Aufgang für sich über die in den einzelnen Stockwerken befindlichen Druckknöpfe betätigt werden, die den zugehörigen Treppenautomaten zum Ansprechen bringen. Um eine besondere Zuleitung für die Bodenbeleuchtung zu ersparen, werden hierfür die Leitungen der Treppenbeleuchtung mitbenutzt.

Als Waschkücheneinrichtung für Einfamilien- und Siedlungshäuser ist eine Waschmaschine wünschenswert, die ohne Herausnahme der Wäsche hintereinander kocht, wäscht und spült. Bei den derzeitigen Preisen wird aber keine Aussicht bestehen, derartige alle Ansprüche erfüllende Waschmaschinen in diesen Häusern unterzubringen. Daher muß, ähnlich wie beim Kühlschrank, angestrebt werden, daß sich die einschlägige Industrie dieser Frage annimmt und Waschmaschinen liefert, bei denen die Preisfrage nicht mehr hemmend wirkt. Eine für die Hausfrau angenehme Ergänzung würde eine elektrische Schleuder darstellen.

Für Geschoßbauten spielt die Preisfrage keine so ausgeprägte Rolle, da die Waschküche von vielen Teilnehmern benutzt werden kann. In Bild 8 ist ein Beispiel für die erforderlichen Anschlüsse gezeigt. Den Idealzustand, bei dem auch elektrische Heißmangeln und Trockenapparate aufgestellt werden, sollte man anstreben, wenn man ihn auch vorläufig wohl nicht allgemein erreichen kann. Zum Verlegen in Waschküchen kommt kabelähnliche Leitung, und zwar in Gleichstromanlagen nur solche mit Kupferleiter in Betracht. Für Geräte ist stets eine der Schutzmaßnahmen gegen zu hohe Berührungsspannung vorzusehen.

Für den Luftschutzraum wird zweckmäßig eine Anzahl Steckdosen mit Schutzkontakt zum Anschluß elektrischer Heiz- und Kochgeräte installiert. Für die Größe der Heizgeräte gibt das vom Reichsluftfahrtministerium, Reichsluftschutzbund, Reichsinnungsverband des Elektrohandwerks, der Wirtschaftsgruppe Elektrizitätsversorgung usw. gemeinsam ausgearbeitete Merkblatt „Elektrische Raumheizkörper zur Beheizung behelfsmäßiger Luftschutzräume für die Zivilbevölkerung" einen Anhalt. Ein Beispiel kann dem Bild 8 entnommen werden.

Für die Rundfunkanlage wird bei Einfamilien- und Siedlungshäusern als Antenne eine auf dem Dachboden verlegte Leitung ausreichen. Die Herunterführung zur Anschlußstelle erfolgt dabei durch eine abgeschirmte Leitung, die in ein unter Putz verlegtes Gummi- oder Isolierrohr von 13,5 mm lichter Weite eingezogen wird.

Bei Geschoßbauten wird man mit Rücksicht auf die größeren Störmöglichkeiten Außenantennen (Rohr- oder Stabantennen), die als Gemeinschaftsantennen dienen, vorsehen. Zwischen der Antenne und den Anschlußstellen wird bei einer geringen Zahl von Abnehmern (bis etwa 5) ein Antennentransformator geschaltet. Bis zu 10 Anschlußstellen werden zwei derartige Anlagen erstellt. Darüber hinaus wird ein Röhrenverstärker erforderlich. Eine Schaltanordnung für eine derartige Anlage zeigt Bild 9. Hierbei wird die abgeschirmte Leitung in Gummi-

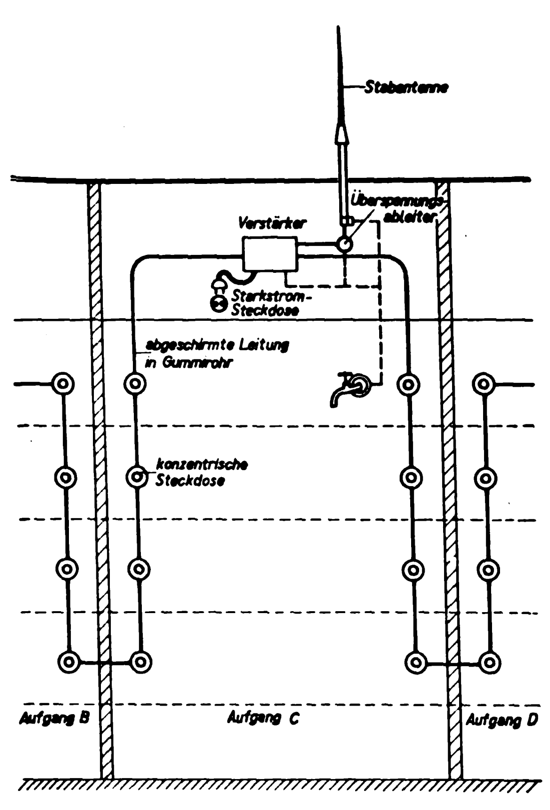


Bild 9. Schaltbild einer Gemeinschaftsantennen-Anlage mit Verstärker für 5 Aufgänge mit je 8 Wohnungen.

oder Isolierrohr zweckmäßig so in der Wand der Wohnküchen verlegt, daß für die Steckdosen keine besonderen seitlichen Abzweigungen erforderlich werden. Der Anbringungsort für die Stabantenne ist so auszusuchen, daß sich eine möglichst senkrechte Führung der von der Antenne kommenden Erdleitung zu der als Erde benutzten Wasserleitung ergibt. Bei der in Bild 9 gezeigten Anlage ist es gestattet, mit den Leitungen auch durch die Brandmauern hindurchzugehen, was bei Starkstromleitungen nicht zulässig ist.

Zusammenfassung

Nur eine verhältnismäßig allgemeine Übersicht konnte gegeben werden. Im einzelnen werden sich alle interessierten Stellen, wie Elektroindustrie, Elektrizitätsversorgungsunternehmen, Installationsfirmen usw. noch näher mit den auftretenden Problemen wie die Art und Verlegung der Leitungen, die zweckmäßige Heißwasserbereitung und die damit zusammenhängende Beheizung des Badezimmers, die günstigste Lösung der Waschküchenfrage usw. beschäftigen müssen, um dann durch Austausch von Erfahrungen und Durchführung erforderlicher Entwicklungsarbeiten ideale Lösungen für die Stromversorgung der nach dem Kriege geplanten großen Wohnungsbauten zu finden.

Die V-Schaltung in der Kleingleichrichtertechnik

Von W. Stiassny VDE, Berlin

DK 621.314.63

Übersicht. Bei Trockengleichrichtergeräten kleinerer Leistung wird, wenn auf kleine Restwelligkeit Wert gelegt wird, bei vorhandenem Drehstromanschluß vorteilhaft die V-Schaltung angewendet. An Stelle von drei Einphasentransformatoren werden dabei zwei Einphasentransformatoren in V-Schaltung zusammengeschlossen. Das Gleichrichtersystem arbeitet in Dreiphasen-Brückenschaltung. Die V-Schaltung bietet gegenüber dem Einphasengleichrichter mit Glättungsdrossel und im Vergleich zu Dreiphasenschaltungen mit dreischenkligem Transformator oder drei zusammengeschlossenen Einphasentransformatoren wirtschaftliche und betriebstechnische Vorteile.

1. Wichtigste Schaltungen für Kleingleichrichter

Zum Puffern von Fernsprechbatterien und Speisen von empfindlichen Gleichstromrelais, Gleichstrommotoren und galvanischen Bädern verlangt man vom Gleichrichtergerät eine kleine Restwelligkeit. Bei Leistungen von 500 W aufwärts wird die dreiphasige Brückenschaltung und die Sechsphasen-Mittelpunktsschaltung in Verbindung mit einem dreischenkligen Transformator angewendet. Bei kleineren Leistungen fehlt aber meist eine geeignete Transformatorengröße. Man hat daher im Trockengleichrichterbau für diese Fälle bis jetzt zwei Wege beschritten; man verwendet entweder ein Einphasen-Gleichrichtergerät mit entsprechenden Glättungsmitteln auf der Gleichstromseite oder eine der zwei vorerwähnten Dreiphasenschaltungen, wobei an Stelle des dreischenkligen Drehstromtransformators drei einzelne Einphasentransformatoren zusammengeschaltet werden.

Die erstgenannte Lösung besitzt folgende Nachteile: Aus Billigkeitsgründen wird meist auf die Glättungskondensatoren verzichtet, und man begnügt sich mit dem Einschalten einer Glättungsdrossel in den Gleichstromkreis. Die Restwelligkeit von 48,3 %, die am Ausgang des Gleichrichtersystemes herrscht, wird durch die Glättungsdrossel bei Vollast auf 12 bis 15 % herabgemindert. Hierbei besteht aber der Nachteil, daß bei sinkender Gleichstrombelastung die Welligkeit an den Gleichstromklemmen des Gerätes steigt. Bei Leerlauf herrscht an den Gleichstromklemmen wieder die volle Welligkeit von 48,3 %. Diese Tatsache wird sofort klar, wenn man bedenkt, daß die Glättungsdrossel nur stromabhängig wirkt.

Wird vom Gerät eine stärkere Glättung als 12 % verlangt, so müssen beim Einphasengerät noch Glättungskondensatoren verwendet werden. Eine bekannte Lösung ist hierbei die Verwendung eines Vorkondensators am Gleichrichtersystem, worauf Glättungsdrossel und ein zweiter Kondensator folgen. Diese Schaltung hat den Nachteil, daß das Gleichrichtersystem durch den kapazitiven Querstrom des Vorkondensators zusätzlich beansprucht wird.

Verzichtet man aus den obenerwähnten Gründen aber auf den Vorkondensator, so muß bei größerer Glättung entweder eine große Glättungsdrossel mit dahinter geschaltetem Glättungskondensator angewendet werden, oder man bildet eine zweigliedrige Siebkette, von der jedes Glied aus Glättungsdrossel und Kondensator besteht. Wegen des großen Platzbedarfes und der hohen Anschaffungskosten haben sich daher diese Lösungen bei kleineren Geräten, wo es auf niedrigen Anschaffungspreis ankommt, in der Praxis kaum behaupten können.

Sofern ein Drehstromnetz zur Verfügung stand, hat man daher bei größeren Leistungen gern bei Trockengleichrichtern die Dreiphasen-Brückenschaltung oder die Sechsphasen-Mittelpunktschaltung verwendet. Die theoretische Restwelligkeit beträgt bei diesen beiden Schaltungen bekanntlich 4,18 %. Da die Oberwellenspannung die sechsfache Frequenz des speisenden Netzes aufweist, fallen dann alle Glättungsmittel, die an der Gleichstromseite des Gleichrichtergerätes noch benutzt werden müssen, wenn die Welligkeit von 4,16 % nicht genügt, kleiner, leichter und billiger aus. Das Trockengleichrichtersystem besitzt bei der dreiphasigen Brückenschaltung, die hauptsächlich verwendet wird, bei gleicher Gleichstromleistung nur ⅔ der Plattenzahl, die bei Einphasen-Brückenschaltung verwendet werden muß.

Der Vorteil, der durch das billigere Gleichrichtersystem und den Fortfall der Glättungsmittel entsteht, wird bei kleinen Leistungen meist wieder durch den teuren dreischenkligen Transformator aufgehoben; aus diesem Grunde hat man diesen durch drei einzelne Einphasentransformatoren ersetzt.

2. Grundlagen der V-Schaltung

Wie im folgenden gezeigt wird, können trotz einer kleinen Erhöhung der Restwelligkeit statt drei Einphasentransformatoren nur zwei Einphasentransformatoren, die im V zusammengeschaltet sind, eingebaut werden. Hierdurch wird an Gewicht, Raumbedarf und Preis gegenüber anderen Anordnungen gespart, ohne daß die Vorteile der dreiphasigen Brückenschaltung verlorengehen. Die Belastungsverhältnisse für die Gleichrichterventile und die zwei Transformatoren werden im folgenden angegeben.

In Bild 1 ist die Schaltung aufgezeichnet. Zwei elektrisch vollkommen gleiche Einphasentransformatoren A und B, die wegen der kleinen Leistung zweckmäßig als Manteltransformatoren ausgebildet werden, sind zusammengeschlossen und bilden sekundärseitig das Spannungsdreieck UVW. Das Trockengleichrichtersystem besteht aus den Ventilzweigen 1, 2, 3, 1′, 2′, 3′ und bildet in bekannter Weise die Dreiphasen-Brückenschaltung. Wegen der besseren Übersichtlichkeit wird vorläufig mit verlustlosen Transformatoren und Gleichrichtersystem gerechnet. Widerstandsbelastung ist vorausgesetzt.

Wie Bild 2 zeigt, ist das Spannungsdreieck UVW

Bild 1. Grundsätzliche V-Schaltung für Kleingleichrichter.

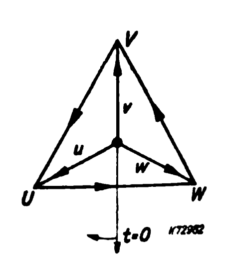


Bild 2. Symmetrisches Spannungsdreieck.



gleich dem Spannungsdreieck, das entsteht, wenn drei in Dreieck geschaltete Sekundärwicklungen vorhanden wären. Die verketteten Spannungen UV, VW, WU lassen sich ersetzen durch die drei Sternspannungen u, v, w. Aus Bild 3a und b geht hervor, daß die Gleichspannung E_g immer aus der Verkettung zweier entsprechender Sternspannungen entsteht. Für die Zeitdauer von 0 bis $\frac{\pi}{3}$ werden die Ventilzweige 1, 2′ beansprucht,

von $\frac{\pi}{3}$ bis $\frac{2\pi}{3}$ die Ventilzweige 1, 3′
„ $\frac{2\pi}{3}$ bis π „ „ 2, 3′
„ π bis $\frac{4\pi}{3}$ „ „ 2, 1′
„ $\frac{4\pi}{3}$ bis $\frac{5\pi}{3}$ „ „ 3, 1′
„ $\frac{5\pi}{3}$ bis 2π „ „ 3, 2′.

In jedem Augenblick fließt also der Strom durch zwei Ventilzweige; jeder Ventilzweig wird innerhalb einer Periode zweimal $^1/_6$ Periode lang beansprucht (Bild 3c). Da an jeder der Anodenleitungen a, b, c je zwei Ventile in Gegenschaltung liegen, wird eine Anodenleitung innerhalb einer Periode viermal $^1/_6$ Periode lang vom Strom durchflossen. Für die Ventilzweige und Anodenleitungen treten also die gleichen Strom- und Spannungsverhältnisse auf, als ob das Gleichrichtersystem an einem dreischenkligen oder drei einschenkligen Transformatoren angeschlossen wäre[1]).

Die entstehende Gleichspannung E_g (Bild 3b) weist eine Oberwelle der sechsfachen Frequenz des Primärnetzes auf; die Welligkeit ist bei Leerlauf, völlig gleiche Ventilwiderstände vorausgesetzt, 4,18 %. Aus den Bildern 3d und 3e ist der Stromdurchgang für die Sekundärwicklungen der Transformatoren A und B zu erkennen. Jede Transformatorwicklung wird innerhalb einer Periode viermal $^1/_6$ Periode lang vom Strom durchflossen. Für die Zeitdauer 0 bis $\frac{\pi}{3}$ speist der Transformator A, von $\frac{\pi}{3}$ bis $\frac{2\pi}{3}$ speisen A und B gemeinsam, von $\frac{2\pi}{3}$ bis π speist der Transformator B. Von π bis 2π wiederholt sich dieses Spiel in der entgegengesetzten Richtung.

Aus diesen Überlegungen ist ersichtlich, daß beim Belasten die Spannung UV gleich der Spannung VW ist, während UW etwas kleiner wird als UV und VW. Das gleichseitige Spannungsdreieck UVW verwandelt sich bei Belastung in ein gleichschenkliges Spannungsdreieck $U'VW'$ (Bild 4). Ebenso wird der Strom i_2 in der Anodenleitung b etwas größer als die beiden Ströme i_1 und i_3 in den anderen Anodenleitungen. Die Unsymmetrie der Ströme und Spannungen ist durch den ohmschen und induktiven Spannungsabfall der Transformatoren A und B bedingt; denn während von 0 bis $\frac{\pi}{3}$, von $\frac{2\pi}{3}$ bis $\frac{4\pi}{3}$ und von $\frac{5\pi}{3}$ bis 2π immer nur ein Transformator an der Stromlieferung beteiligt ist, werden innerhalb $\frac{\pi}{3}$ bis $\frac{2\pi}{3}$ und von $\frac{4\pi}{3}$ bis $\frac{5\pi}{3}$ immer zwei Wicklungen vom Strom durchflossen. Da die Spannung $U'W'$ aber aus den beiden Wicklungen A und B erzeugt wird, muß sie auch kleiner werden als $U'V$ bzw. $W'V$. Die Unsymmetrie der Ströme und Spannungen beim Belasten ist nur abhängig von der Kurzschlußspannung der verwendeten Transformatoren. Aus einer Arbeit von Bamdas[2]) geht hervor, daß der Höchstwert der Unsymmetrie der Spannungen

$$\delta\%_{\mu\,\max} = \frac{100\,e_K}{\sqrt{3}\cdot 100 + 2\,e_K}$$

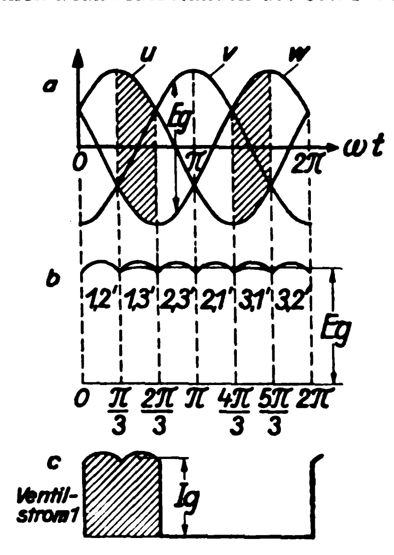
beträgt, während die Unsymmetrie der Ströme annähernd

$$\delta\%_i = \frac{e_K}{\sqrt{3}}$$

ausmacht. Wird z. B. für die beiden Transformatoren eine Kurzschlußspannung $e_K = 6\,\%$ gewählt, was annähernd den Verhältnissen entspricht, so wird

$$\delta\%_{\mu\,\max} = \frac{100\cdot 6}{\sqrt{3}\cdot 100 + 2\cdot 6} = 3{,}3\,\%\,.$$

Entsprechend Bild 3b wird der Scheitelwert der erzeugten Gleichspannung von $\frac{\pi}{3}$ bis $\frac{2\pi}{3}$ und von $\frac{4\pi}{3}$ bis $\frac{5\pi}{3}$ um 3,3 % niedriger liegen als für die vier anderen Scheitelwerte innerhalb einer Periode. Also würde bei völlig gleichen Flußwiderständen der sechs Ventilzweige eine kleine Erhöhung der Restwelligkeit auftreten. Da aber diese Flußwiderstände bei Trockengleichrichtern praktisch nie völlig untereinander gleich sind, kann die Unsymmetrie und die erhöhte Restwelligkeit beim Belasten vernachlässigt werden. Die Ströme in den Netzzuleitungen von A und B sind ein Spiegelbild der Ströme in den Anodenleitungen, da für die sekundären AW jederzeit die gleichen primären ausgebildet werden können.



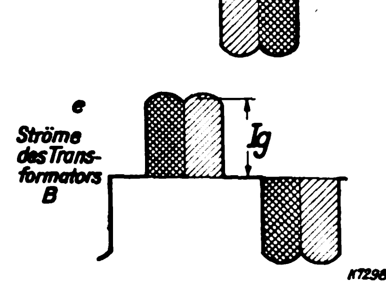


Bild 3. Verlauf der Spannungen und Ströme.

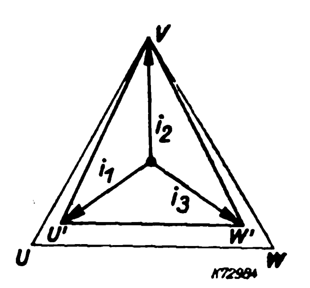


Bild 4. Spannungsdreieck vor und bei Belastung.

3. Vergleich der verschiedenen Transformatoren-Typenleistungen

Wird statt der zwei in V-Schaltung verwendeten Transformatoren ein Dreischenkel-Transformator verwendet, so beträgt seine Typenleistung $N_T = 1{,}05\,E_g\,I_g$[3]). Der Typenleistungsfaktor 1,05 ergibt sich aus

$$\sqrt{3}\,c_e\,c_i = \sqrt{3}\cdot 0{,}74\cdot 0{,}819 = 1{,}05\,.$$

Hierbei ist $c_e = \frac{E_{\text{sek. eff}}}{E_g}$, $c_i = \frac{I_{\text{sek. eff}}}{I_g}$. Beim Verwenden von drei Einphasentransformatoren, die primär und sekundär zusammengeschaltet sind, ergibt sich je Transformator die Typenleistung $N_T = 0{,}35\,E_g\,I_g$. Bei der V-Schaltung beträgt je Einzeltransformator $c_e = 0{,}74$ und $c_i = 0{,}819$.

[1]) K. Maier, Die Strom- und Spannungsverhältnisse in der dreiphasigen Gleichrichter-Graetzschaltung. Elektrotechn. u. Masch.-Bau 53 (1935) S. 577.

[2]) A. Bamdas, Über die V-Schaltung von Transformatoren. Elektrotechn. u. Masch.-Bau 53 (1935) S. 581.

[3]) K. Maier, Trockengleichrichter, S. 44. R. Oldenbourg, München und Berlin. 1938.

Ein Transformator besitzt also die Typenleistung $N_T = 0{,}74 \cdot 0{,}819\, E_g\, I_g = 0{,}606\, E_g\, I_g$.

Die Gegenüberstellung zeigt, daß bei drei Einzeltransformatoren $3 \cdot 0{,}35 = 1{,}05$ Gewichtseinheiten Kupfer, bei zwei Transformatoren in V-Schaltung $2 \cdot 0{,}606 = 1{,}212$ Einheiten Kupfer notwendig sind, gleiche Eisenkerne vorausgesetzt. Der um rd. 15 % höhere Kupferaufwand wird aber nicht nur durch das Einsparen eines Transformatorenkernes aufgewogen, sondern auch durch Gewichts- und Platzersparnisse im ganzen Gleichrichtergerät. Erfahrungsgemäß stellt sich das Anfertigen von drei Transformatoren einer bestimmten Type teurer als die Herstellung von zwei Transformatoren einer etwas größeren Bauart.

4. Verwendbarkeit der V-Schaltung

Der Vollständigkeit halber sei noch hinzugefügt, daß die V-Schaltung nur bei solchen Gleichrichterschaltungen angewendet werden kann, bei denen kein sekundärseitiger Transformator-Nullpunkt erforderlich ist. Dagegen besteht auch die Möglichkeit, die V-Schaltung bei Glühkathoden-Hochspannungsgleichrichtern zu benutzen, da diese Gleichrichter ebenfalls häufig die dreiphasige Brückenschaltung verwenden.

Zusammenfassung

Für Trockengleichrichtergeräte kleinerer Leistung, bei denen auf geringe Oberwelligkeit Wert gelegt wird, und bei Drehstromanschluß wird zweckmäßig die V-Schaltung in Verbindung mit der dreiphasigen Brückenschaltung angewendet. Gegenüber einem einphasigen Gerät mit Glättungsdrossel bietet ein Dreiphasengerät in V-Schaltung den Vorteil, daß es wegen des Fortfallens der Glättungsmittel und des um etwa ein Drittel kleineren Trockengleichrichtersystemes billiger und leichter wird.

Außerdem weist das Gerät eine natürliche Welligkeit von 4 bis 5 % auf, die praktisch lastunabhängig ist und in den meisten Fällen ausreicht. Beim Einphasengerät mit Glättungsdrossel steigt hingegen beim Entlasten die Oberwellenspannung bis zum dreifachen Wert an. Wird eine höhere Glättung als 4 bis 5 % Restwelle verlangt, so sind beim Gerät in V-Schaltung sowohl Glättungsdrosseln als auch Glättungskondensatoren wesentlich kleiner zu bemessen, da gegenüber dem Einphasengerät eine Oberwelle der dreifachen Frequenz auftritt.

Umstell-Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen

VDE-Ausschuß für Drähte und Kabel

VDE 0250 U

Entwurf DK 621.315.3(083.133)

Einspruchsfrist: 1. Juli 1941

Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr

Änderung der ab 15. Oktober 1936 gültigen Fassung von VDE 0250 U

§ 3

Gummihülle und Gummimantel

Tafel I a

1	2	3	4	5	6	7
	Gummihülle der Ader		innerer Gummimantel		äußerer *) Gummimantel	
Leitungsart	Zugfestigkeit kg/cm²	Bruchdehnung %	Zugfestigkeit kg/cm²	Bruchdehnung %	Zugfestigkeit kg/cm²	Bruchdehnung %
NGA (UV), NRA (UV), NRAM (UV), NRU (UV), NBU (UV), NBEU (UV), NPA (UV), NFA (UV), NPL (UV), NPLR (UV), NSA (UV)	25	100	—	—	—	—
NFL (UV), NTK (UV), NTSK (UV)	25	100	—	—	—	—
NLG (UV), NLH (UV)	25	100	—	—	35	150
NFLG (UV), NMH (UV), NSH (UV) einadrig bis 16 mm²	25	100	—	—	35	150
NSH (UV) mehradrig bis 16 mm²	25	100	25	100	35	150
NSH (UV) über 16 mm²	25	100	25	100	100	300
NT (UV)	25	100	25	100	100	300

*) Liegen bei den äußeren Gummimänteln die vor der Erwärmung festgestellten Werte für Zugfestigkeit und Bruchdehnung höher als die vorgeschriebenen Mindestwerte, so dürfen die Anfangswerte nach der Erwärmung nicht mehr als 25% abgefallen sein.

§ 13

Gummiaderschnüre (Zimmerschnüre)

Der letzte Absatz wird wie folgt gefaßt:

Für die Spannungsprüfung gelten die Bestimmungen für Gummiaderleitungen. Die Prüfung ist an 5 m langen Stücken vorzunehmen.

Prüfverfahren für Heizdrähte in Luft

DK 621.365.4

Auf Anregung der Hersteller und Verarbeiter von Widerstandsdrähten unternahm H. Nolte Anfang 1937 vergleichende Versuche mit den handelsüblichen Heizleiterwerkstoffen, da inzwischen hochnickelhaltige Heizleiter auf nickelarme oder nickelfreie umgestellt wurden[1]). Ein einheitliches Prüfverfahren bestand bis zu dieser Zeit noch nicht, so daß die in erster Linie von den einzelnen Herstellern durchgeführten Untersuchungen über Lebensdauer und Güte der Widerstandsdrähte infolge der verschiedenen Versuchsbedingungen in keiner Weise vergleichbar waren.

Der Verfasser untersuchte zunächst an einer Probelegierung den Einfluß der unterschiedlichen Versuchsbedingungen auf die Lebensdauer, und zwar im einzelnen den Einfluß von Form der Probe, Art der Wendelherstellung, der Charge, aus der die Probe stammt, Prüftemperatur der Wendel und Größe des Schaltspieles. Auf Grund der so gewonnenen Erkenntnisse wurden 32 Legierungen untersucht, wobei Wendeln mit 28 Windungen aus 0,5 mm starkem Widerstandsdraht bei 3 mm Dorndurchmesser mit 2,5 mm Steighöhe gewickelt verwendet wurden. Das Schaltspiel betrug hierbei 5 min, die Prüftemperatur 1000 bis 1300°. Einige wichtige Ergebnisse sind in Tafel 1 zusammengestellt. In der drittletzten Spalte ist die Anzahl der untersuchten Legierungen angegeben, die vorletzte Spalte gibt die Lebensdauer bei 1000°, die letzte Spalte die Lebensdauer bei 1300° an.

Tafel 1. Untersuchungsergebnisse.

Werkstoffgruppe	Kurzzeichen	Nickelgehalt %	Anzahl der untersuchten Legierungen	Lebensdauer bei 1000 °C h	Lebensdauer bei 1300 °C h
Chromnickel-Legierungen . .	NC	80	7	761	5,2
Chromnickel-Stähle	NCF	60	6	155	0,9
Chromnickel-Stähle	FNC	30	6	102	1,2
Chromaluminium-Stähle . . .	FC	0	13	1042	37,4

Zur Kennzeichnung der Güte eines Werkstoffes schlägt der Verfasser eine aus der Kurvensteigung der Warmfestigkeitszunahme ermittelte Güteziffer vor; nach dieser stehen die nickelfreien Legierungen weit an der Spitze, und nur die eisenfreien Drähte erreichen ähnlich hohe Werte. In weiteren Versuchen werden Längenänderung, Warmfestigkeit, Querschnittsänderung und Änderung des Gefüges untersucht; eine Beziehung dieser Werte zu der Veränderung des Widerstandes ergibt sich nicht. Die für die Versuche neu entwickelten Versuchseinrichtungen werden beschrieben. *Wd.*

[1]) H. Nolte, Elektrowärme 10 (1940) S. 151 u. 200; 8 S., 11 B.



RUNDSCHAU

Meßgeräte und Meßverfahren

DK 621.317.39 : 621.315.62

Elektrische Messung der Regenmenge bei Isolatorenprüfungen. [Nach Electr. Wld., N. Y. 114 (1940) H. 26, S. 72; 2 S., 2 B.]

Durch die im Bild 1 schematisch dargestellte Vorrichtung kann die minutliche Regenmenge während der künstlichen Beregnung von Isolatoren bei deren Prüfung, sowie auch die Leitfähigkeit des zur Beregnung verwendeten Wassers fortlaufend elektrisch bestimmt werden. Der Regenmesser besteht aus einem oben offenen, scharfrandigen Metalltrichter *1* mit zylindrischem Ansatz *2*, der durch eine dünne Metallscheibe *3* mit enger Mittelbohrung verschlossen ist. In den zylindrischen Ansatz ist eine stabförmige Mittelelektrode *4* isoliert eingeführt, die etwa 12 mm über der Metallscheibe frei endet. Die Bohrung

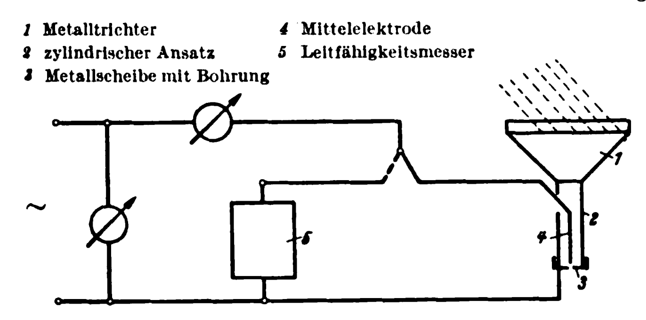


Bild 1. Elektrische Messung der Regenmenge.

der Metallscheibe ist so bemessen, daß das vom Trichter aufgefangene Regenwasser sich bis zu einer bestimmten Standhöhe im zylindrischen Ansatz sammelt. Für jede minutliche Regenmenge ergibt sich eine bestimmte Standhöhe. Durch Auswechslung der Metallscheibe gegen eine solche anders bemessener Bohrung kann diese Standhöhe verändert und damit der Meßbereich der Anordnung erweitert werden. Der aus Wechselstrom- und -spannungsmessung zu bestimmende Widerstand zwischen der Mittelelektrode und der Wandung des zylindrischen Ansatzes des Trichters ist eine umgekehrte Funktion der Standhöhe und damit der zu messenden Niederschlagsmenge. Die Eichung des Gerätes ist unter Berücksichtigung der Leitfähigkeit des Regenwassers vorzunehmen. Diese Leitfähigkeit wird vor dem Eintritt des Wassers in die Spritzdüsen der Beregnungsvorrichtung in einem Leitfähigkeitsmesser *5* bestimmt. Zur Ermittlung der minutlichen Niederschlagsmenge ist nur der spezifische Widerstand des Regenwassers durch den jeweils am Regenmesser gemessenen Widerstand zu teilen. Die dem Ergebnis entsprechende Niederschlagsmenge ist dann aus vorbereiteten Eichtafeln zu entnehmen. *O. N.*

Elektrische Maschinen

DK 621.314.214

Ein neuer stufenlos regelbarer Umspanner. [Nach K. Tardel, Elektrotechn. u. Masch.-Bau 58 (1940) S. 357; 7 S., 10 B.]

In dem Bestreben, die zur stufenlosen Regelung erforderlichen Umspanneranzapfungen, Schaltwerke, Überschalt- und Feinregeleinrichtungen zu umgehen, hat man den Strom unmittelbar mit Gleitkontakten von der einlagigen Regelwicklung abgenommen. Dabei kann entweder die Regelwicklung gedreht und der Gleitkontakt an der Wicklung entlang geführt werden, oder der Gleitkontakt kann um die feststehende Regelwicklung gefahren werden. In jedem Fall muß die Stromrückleitung durch einen Luftspalt im magnetischen Kreis hindurchgeführt werden, da ein Schleifring innerhalb des magnetischen Kreises einen Kurzschluß verursachen würde.

Der neue Regelumspanner vermeidet den nachteiligen Luftspalt dadurch, daß das Eisen des magnetischen Kreises selbst zur Stromdurchleitung herangezogen wird. Das mit segmentförmigen Preßplatten gepreßte Kernblechpaket erhält durch Abdrehen einen kreisförmigen Querschnitt. Sämtliche Bleche sind durch kontaktgebende Treibkeile leitend mit den Preßplatten verbunden. Um den Kern ist die einlagige Regelwicklung konzentrisch drehbar gelagert, von der der Strom in bekannter Weise durch Gleitkontakt abgenommen wird. Mit dem Ende der Regelwicklung ist ein innerhalb des Isolierzylinders befestigter Kontakt verbunden, der sich federnd gegen den Kern preßt und bei Drehung der Regelwicklung diesen umfährt. Über die eine der beiden Preßplatten und über diejenigen Bleche, die gerade von dem Kontakt berührt werden, fließt der Strom zum Kontakt und zum Ende der Regelwicklung zurück.

An einem ausgeführten Regelumspanner konnte das neue Regelverfahren erprobt sowie die Zuverlässigkeit der neuen Bauelemente erwiesen werden. Hiernach wurden Konstruktionen für Regelumspanner großer Leistung entwickelt, die mit fester Regelwicklung und umlaufenden Gleitkontakten arbeiten. Der Mehraufwand an aktivem Werkstoff ist gegenüber einem ungeregelten Umspanner gering. Die Mehrkosten werden durch die Bearbeitung der Kerne sowie durch die beweglichen Regelteile bedingt, doch bleiben sie unter den Kosten der bisher bekannten Regeleinrichtungen. Dem normalen Aufbau von Umspannern paßt sich das Regelverfahren gut an. Man kann Röhren- und Scheibenwicklungen anwenden und den magnetischen Kreis mit stumpfem und verzapftem Stoß ausführen. *Sb.*

Lichttechnik

DK 621.327.312 : 621.317.351

Wassergekühlte Quecksilberhöchstdruck-Kapillarlampen als Lichtquelle für Schleifenoszillographen. [Nach H. H. Skilling, Electr. Engng. 59 (1940) S. 157; 2 S., 6 B.]

Der Verfasser weist auf die besondere Eignung der wassergekühlten Quecksilberhöchstdruck-Kapillarlampe[1]) als Lichtquelle für mechanische Oszillographen hin. Da die Kapillarlampe eine etwa doppelt so große Leuchtdichte wie der Reinkohlebogen und einen hohen Gehalt an aktinisch wirksamem Licht besitzt, kann Bromsilberpapier bis zu hohen Schreibgeschwindigkeiten verwendet werden. In der Arbeit sind Oszillogramme mit einer Aufnahmegeschwindigkeit von 5 m/s wiedergegeben, die die Grenze bei dem verwendeten Oszillographen darstellte; die Geschwindigkeit des Aufnahmeverfahrens soll 15 m/s und mehr betragen können. Infolge des störenden Minimums der Lichtausstrahlung beim Stromwechsel ist der Betrieb der Lampe an dem üblichen Wechselstromnetz nicht zweckmäßig; entweder wird Gleichstrom oder noch zweckmäßiger Wechselstrom von 500 Hz verwendet. In letzterem Falle geben die Ausstrahlungsminima Zeitmarken in Abständen von 10^{-3} s. *K. La.*

Fernmeldetechnik

DK 621.396.5

Die Endeinrichtung der Funkfernsprechverbindung Bern—New York. [Nach H. Jacot, Techn. Mitt. schweiz. Telegr.- u. Teleph.-Verw. 18 (1940) S. 201; 4 S., 4 B.]

Diese Verbindung ist am 12. 7. 1940 in Betrieb genommen worden. Auf schweizerischer Seite befindet sich die Sendeanlage bei Schwarzenbourg, die Empfangsanlage bei Châtonnaye und die Endeinrichtung im Verstärkeramt Bern. Der Verfasser behandelt zunächst allgemein die Eigenschaften eines Funkfernsprechkreises mit beiderseitig angeschlossenen Leitungen im Vergleich mit einer Vierdrahtleitung, die an beiden Enden mit Zweidrahtleitungen verbunden ist, und die Wirkungsweise der auf den Gabelstellen benutzten sprachgesteuerten Schaltgeräte (Echosperren, Rückkopplungssperren). Dann werden die auf der schweizerischen Seite bei der Gabelstelle eingesetzten Geräte beschrieben. Es wird darauf hingewiesen, daß wegen der Kürze der Zeit, die für die Vorbereitung zur Verfügung stand, nur eine provisorische Einrichtung getroffen werden konnte. Man benutzte hierzu Echosperren, die bereits im Besitz der schweizerischen Telegraphen- und Telephonverwaltung waren und die für die Durchführung der Schaltvorgänge bei der Gabelstelle eingesetzt werden konnten.

Diese Echosperren arbeiten mit veränderbarer Dämpfung, was durch die Sprechströme selbst bewirkt wird. Hierzu werden Gleichrichterzellen benutzt, die durch einen Polarisationsstrom beeinflußt werden. Die Dämpfung kann von einem Normalwert von etwa 0,1 Neper sehr schnell auf einen Wert von 8 Neper erhöht werden, der ausreicht, um die Sprechströme zu

[1]) S. J. Kern, Z. techn. Phys. 20 (1939) S. 250. ETZ 61 (1940) S. 524.

blockieren. Die gemessene Wirkzeit ist sehr klein, sie schwankt zwischen 0,16 und 1,03 ms. Die Empfindlichkeit der Sperre kann geändert werden mittels Potentiometer von — 2,95 bis — 0,6 Neper in Stufen von 0,55 Neper.

In der Richtung zum Sender liegt eine derartige Sperre, die zwischen den Werten 0,1 bis 8 Neper geändert werden kann, während in der von der Empfangsstelle kommenden Leitung eine zwischen 1,1 bis 0,1 Neper veränderbare Sperre liegt. Sobald vom Empfänger Sprachlaute ankommen, verringert die zwischen Sender und Empfängerleitung angeschlossene Echosperre die Dämpfung der in der Empfängerleitung befindlichen Sperre auf den Wert 0,1 Neper und erhöht die Dämpfung der dem Senderkreis zugeordneten Sperre auf 8 Neper. Hierdurch können Rückkopplungserscheinungen nicht auftreten. Wird nun der Sender besprochen, so wird mittels einer der Echosperre vorgeschalteten Sperre das Umgekehrte erreicht, d. h. es wird der Weg von der Gabel zum Sender freigemacht (Dämpfung der Sperre geht auf 0,1 Neper zurück) und der Weg vom Empfänger zur Gabel durch die in dieser Leitung liegende Sperre höher gedämpft (auf 1,1 Neper).

Um das Abhören der Gespräche durch Unbefugte zu erschweren, ist eine Verschlüsselungseinrichtung vorgesehen, die nach dem Inverterprinzip arbeitet. Hierbei wird das Sprachband, ehe es dem Sender zugeführt wird, umgedreht durch Modelung einer Frequenz von 3000 Hz und Aussiebung des dabei erhaltenen unteren Seitenbandes. Auf der Empfangsseite wird das aufgenommene und invertierte Sprachband durch ein ähnliches Modelungsverfahren auf die natürliche Frequenzfolge zurückgeführt.

Für den Anruf wird ein Ton von 1000 Hz, der durch einen Unterbrecher 20 mal in der Sekunde unterbrochen wird, auf den Sender gegeben.

Zum Einstellen des Modulationsgrades auf 80% dient ein Regler mit dem Bereich von etwa 3,4 Neper.

Die von der Empfangsstelle kommenden Zeichen werden zunächst einem Verstärker für die Volumbegrenzung zugeführt, der es erlaubt, daß Sprachvolum so konstant zu halten, daß keine Übersteuerung der nachfolgenden Geräte eintritt. Dann folgt das Gerät für die Entschlüsselung, ein Verstärker (um die entstandenen Dämpfungen wieder zu beseitigen) und die durch die Sprachlaute gesteuerte Sperre.

Die für die Endeinrichtung aufgenommene Frequenzcharakteristik mit eingeschaltetem Inverter zeigt für den Bereich von 300 bis 2750 Hz eine maximale Abweichung von weniger als 0,4 Neper. *W. Hn.*

Werkstatt und Baustoffe

DK 621.315.616 : 620.191

Korrosion von Kunststoffen. [Nach A. V. Blom, Kunststoffe 30 (1940) S. 221; 2½ S.]

Obwohl sich Kunststoffe gerade durch ihre Beständigkeit gegenüber äußeren Einflüssen auszeichnen, werden sie unter gewissen Bedingungen doch angegriffen. Um ihre richtige Anwendung zu fördern, betrachtet der Verfasser die allgemeine Problemstellung der Kunststoffkorrosion. Hierunter wird die unbeabsichtigte physikalische oder chemische Zerstörung eines Festkörpers von der Oberfläche her verstanden, die durch Gefüge und Löslichkeit bedingt ist. Bei den makromolekularen Kunststoffen amorpher Struktur hängt die Löslichkeit vom chemischen Aufbau und den Polymerisationsverhältnissen ab. Die Korrosionsgeschwindigkeit wird durch die Größe der reagierenden Oberfläche, die Reaktionsgeschwindigkeit an der Grenzfläche und die Diffusionsgeschwindigkeit der Moleküle zur Berührungsfläche beeinflußt. Während bei Metallkorrosionen das Auftreten von Ionen infolge eines elektrolytischen Potentials kennzeichnend ist, geht bei Kunststoffen dem die Korrosion einleitenden Lösungsvorgang gewöhnlich eine Quellung voraus. Elektrochemische Vorgänge, Lokalelemente und Deckschichten bilden sich bei Kunststoffen nicht. Die bei Metallkorrosionen ausschlaggebende Oberflächenbeschaffenheit ist bei Kunststoffen für den Korrosionsverlauf unwesentlich; doch hängt die Korrosionsgeschwindigkeit von der Vorgeschichte des Materials ab. Die Quellung beginnt meist von der Oberfläche her und bildet eine Vorstufe der Auflösung, der die Aufweitung des Gittergefüges folgt. Man kann die Kunststoffe in unbegrenzt und begrenzt quellbare einteilen; erstere haben kettenförmige Makromoleküle, letztere knäuelförmige. Unquellbare Kunststoffe besitzen vernetzte Makromoleküle. Die Korrosionsbeständigkeit hängt also eng mit dem Gefügeaufbau zusammen. Bezüglich der Angreifbarkeit sind physikalischer und chemischer Abbau zu unterscheiden. Die bei Metallen bewährte, bei Kunststoffen aber wegen der Quellung unanwendbare Bestimmung der Gewichtsabnahme als Korrosionsmaß wird durch die Ermittlung der Wasseraufnahme und die dadurch beeinflußten deformationsmechanischen und elektrischen Eigenschaften ersetzt. Die Korrosion selbst wird bei Kunststoffen meist indirekt durch chemische, mechanische oder elektrische Verfahren ermittelt; z. B. ist die Dielektrizitätskonstante für den Quellungszustand, der Oberflächenwiderstand für den eigentlichen Korrosionsverlauf bestimmend. *E. T.*

Verschiedenes

DK 621.3 : 61

Die Verwendung der Elektrizität in der Medizin. [Nach O. R. Langworthy, Electr. Engng. 59 (1940) S. 389; 5½ S., 6 B.]

Mit dem Auftauchen von Versuchen mit der Elektrizität begannen schon frühzeitig die Bestrebungen, die Elektrizität der Heilkunst nutzbar zu machen. In großen Zügen geht die Entwicklung von Galvani über Volta, du Bois-Reymond, d'Arsonval, Nagelschmidt zu Röntgen. Galvani war der Entdecker der tierischen Elektrizität, Volta der Entwickler des elektrischen Elementes. Der Begründer der Elektrophysiologie war du Bois-Reymond; ihm sind die grundlegenden Erkenntnisse über die elektrischen Erregungszustände von Muskeln und Nerven zu verdanken, auf denen die spätere Elektrodiagnose sowie die Therapie von Muskel- und Nervenleiden mit Hilfe von elektrischen Strömen aufbaute. D'Arsonval und Nagelschmidt sind im Zusammenhang mit der Entdeckung der Diathermie und der Elektrochirurgie zu nennen. Langworthy unterteilt die medizinischen Anwendungsgebiete der Elektrizität in drei Abschnitte: die Anwendung für die medizinische Behandlung von Krankheiten, dann in diejenige der Erkennung von Krankheiten und schließlich in die Forschungsarbeiten, denen der größte Wert beigelegt wird, da sich aus ihnen wieder neue erfolgreiche Anwendungsgebiete für Diagnose und Therapie von Krankheiten ergeben.

Bei der Benutzung der Elektrizität zur Behandlung von Krankheiten sind in erster Linie die Röntgenstrahlen zu nennen, die sowohl eine Behandlung oberflächlicher Hauterkrankungen, als auch die Tiefenbehandlung innerer Organe gestatten. Auch Sterilisierungen sind mit ihnen einfach auszuführen. Das „elektrische Messer" in der Elektrochirurgie bietet gute Blutstillung und Verschorfung. Enthaarung läßt sich auch elektrisch durchführen. Große Bedeutung besitzt die Diathermie für die Behandlung von Erkältungs- und Infektionskrankheiten und besonders die Kurzwellen-Diathermie zum Erregen künstlichen Fiebers als Ersatz für Malariakuren. Die Iontophorese scheint dagegen in Amerika keine besonderen Erfolge aufzuweisen. Zu erwähnen ist ferner die große Zahl ultravioletter Strahler, unter ihnen besonders die Lampe zur Heilung der Hauttuberkulose. Ströme verschiedener Art werden ferner zur Behandlung und Wiederbelebung paralysierter (gelähmter) Muskeln mit Erfolg verwendet.

Die Benutzung der Elektrizität für diagnostische Zwecke ist nach Ansicht des Verfassers noch bedeutender. Er erinnert an das Ophthalmoskop, mit dem man den Augenhintergrund beleuchtet und Aufschluß über den Zustand des Augennerven und der Augenblutgefäße erhält. Dann wird auf die zahlreichen Geräte hingewiesen, die die Betrachtung und Beleuchtung innerer Organe ermöglichen, die sonst dem direkten Anblick verschlossen sind. Hier werden z. B. Untersuchungen der Speiseröhre, der Luftröhre, des Magens und der Blase genannt. Die Elektrokardiographie ist fast eine Fachwissenschaft für sich geworden. Durch sie werden die Ströme aufgezeichnet, die das Herz in den einzelnen Abschnitten seiner Bewegung erzeugt. Sind diese Bewegungen abweichend von der Norm, z. B. bei Herzklappenfehlern, bei Herzmuskelentzündung u. a., so sind auch die Ströme entsprechend verändert. Aus dem großen Gebiet der röntgenologischen Diagnostik wird besonders die Darstellung der Hirnräume angeführt, mit der Geschwulstbildungen des Schädels und des Gehirns erkennbar werden. Schließlich wird noch die Verstärkertechnik genannt, die es gestattet, selbst die feinsten elektrischen Vorgänge im menschlichen Körper mit dem Lautsprecher zu hören. *He.*

Wiener Herbstmesse 1941. Die Wiener Herbstmesse 1941 findet unter offizieller Beteiligung zahlreicher Auslandsstaaten in der Zeit vom 21. bis 28. September statt. Sie ist in ihrem technischen Teil auf die Bedürfnisse des Südostens abgestimmt. Näheres beim Wiener Fremdenverkehrsverein, Wien I, Schubertring 6.

AUS ERZEUGUNG UND VERBRAUCH

Das Tarifbild als Hilfsmittel bei der Tarifgestaltung

DK 621.317.8

Ist die Vergütung einer Arbeit nach einem vorgeschriebenen Tarif zu berechnen, so genügt hierzu eine Zahlentafel. Kommen jedoch mehrere Tarife wahlweise in Betracht, so kann der günstigste Tarif für bestimmte Verhältnisse mit Tabellen nur durch Vergleichsrechnungen gefunden werden. Hier leistet die graphische Darstellung als leichtverständliches Schaubild vorzügliche Dienste.

Die hier wiedergegebenen Schaubilder beschäftigen sich mit den neuen Reichsstromtarifen für Haushaltungen. Die Kosten für die elektrische Energie setzen sich zusammen aus einer Grundgebühr und dem Arbeitspreis. Die Grundgebühr ist von der Anzahl der Räume abhängig, der Arbeitspreis von dem Verbrauch in kWh. Dabei stehen dem Verbraucher drei, in manchen Städten auch vier Tarife wahlweise zur Verfügung. Trägt man den Verbrauch, der nach zwei in Betracht kommenden Tarifen berechnet denselben Kostenbetrag ergibt, in Abhängigkeit von der Raumzahl auf, so erhält man eine im allgemeinen mehrfach gebrochene Strecke, die Grenzlinie zwischen den beiden Tarifen. Ihre Konstruktion ist leicht möglich. Man setzt für jede Raumzahl die Kosten, nach zwei Tarifen berechnet, gleich und rechnet aus dieser Gleichung den Verbrauch als Unbekannte aus.

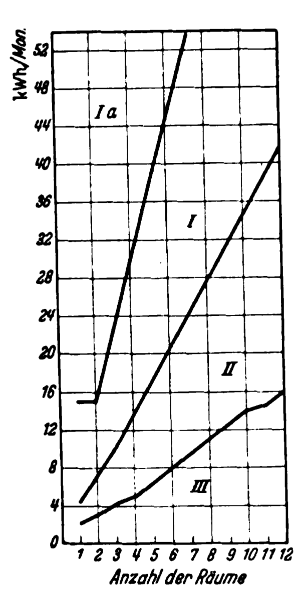


Bild 1. Tarifbild für Dortmund.

Als Beispiel diene Bild 1. In Dortmund betragen bei vier Haupträumen

nach Tarif II die monatliche Grundgebühr RM 1,65 und der Arbeitspreis 15 Rpf/kWh,

nach Tarif I die monatliche Grundgebühr RM 2,60 und der Arbeitspreis 8 Rpf/kWh,

nach Tarif Ia die monatliche Grundgebühr RM 2,60 und der Arbeitspreis 6 Rpf/kWh,

beim letzten Tarif mit der Bedingung, daß mindestens 480 kWh jährlich, d. s. 40 kWh monatlich, abgenommen oder bezahlt werden müssen. Der Übergangspunkt von Tarif II nach I ergibt sich aus der Gleichung

$$165 + 15\,x = 260 + 8\,x$$

mit $x = 13{,}6$ kWh, und der Übergangspunkt von Tarif I nach Ia aus

$$260 + 8\,x = 40 \cdot 6$$

mit $x = 30$ kWh. Der Grenzpunkt liegt hier also schon bei einem Verbrauch von 30 kWh und nicht bei 40 kWh, wie man zunächst vielleicht annehmen mag.

Die so erhaltenen Linienzüge teilen die Fläche des Koordinatensystems in einzelne Felder, die jeweils zu einem ganz bestimmten Tarif gehören. Damit ist ein Tarifbild entstanden, aus dem der einzelne Verbraucher mühelos den für ihn günstigsten Tarif ablesen kann. Der Tarifgestalter wiederum kann daraus erkennen, in welchem Maße es ihm gelungen ist, das Verbrauchsfeld sinnfällig in die einzelnen Tarife aufzuteilen, und wie die Tarife sich in der Kalkulation auswirken. Ist die Aufteilung unbefriedigend, so kann der Verlauf der Grenzlinie verbessert und es können unter Benutzung der vorerwähnten Gleichung die Grundgebühren geändert werden.

Die verschiedenen Stromtarife sind folgendermaßen bezeichnet:

Der 8 Rpf-Tarif mit I,
der 6 Rpf-Tarif mit Ia (vorgeschriebener Mindestverbrauch),
der 15 Rpf-Tarif mit II,
der Kleinstabnehmertarif mit III.

Die veröffentlichten Tarifbilder stellen eine Auswahl der bis jetzt in deutschen Städten mit über 100 000 Einwohnern geltenden Tarife dar. Ihre Verschiedenartigkeit soll für sich selbst sprechen und den Wert dieser graphischen Darstellung zeigen. Bild 1 ist das Tarifbild für Dortmund. Die Feldaufteilung ist hier gut gelungen. Weniger gut ist sie beim Tarifsystem einer mitteldeutschen Stadt (Bild 2); denn dabei ist Tarif II bei kleinen Wohnungen bis zu drei Räumen entbehrlich. Bild 3 zeigt das Tarifbild einer westdeutschen Stadt. Für den Tarif II ist hier nur ein so kleines Feld übriggeblieben, daß er ganz entbehrlich ist.

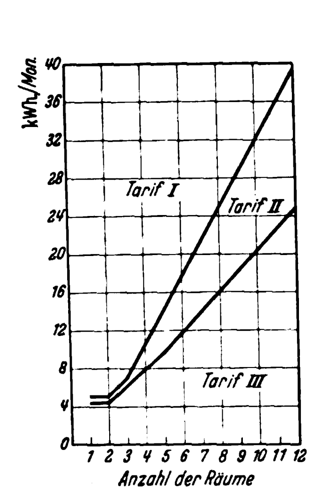


Bild 2. Tarifbild einer mitteldeutschen Stadt.

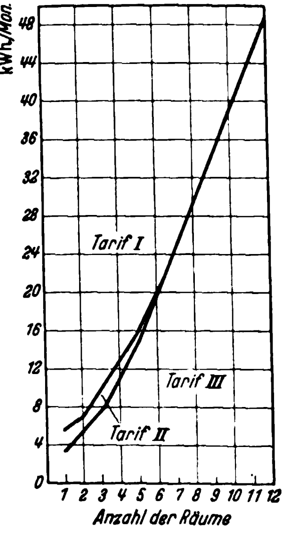


Bild 3. Tarifbild einer westdeutschen Stadt.

Solche Tarifbilder können stets gezeichnet werden, wenn der Kostenbetrag von nicht mehr als zwei veränderlichen Größen abhängt, im vorliegenden Fall also vom Verbrauch und der Raumzahl. In einigen Städten kommt bei Tarif II allerdings noch ein dritter Faktor hinzu: die Zählergebühr, die von der Größe des Zählers abhängt, oder die Anzahl der Anschlüsse für Beleuchtungskörper und Steckdosen. Es zeigt sich aber, daß diese Größen das Tarifbild nur wenig beeinflussen; sie können deshalb entweder als konstante Größe eingesetzt oder in Abhängigkeit von der Raumzahl gebracht werden. Die dann noch möglichen Fehler im Verlauf der Grenzlinie zwischen Tarif II und III sind ganz gering und praktisch bedeutungslos.

Adolf Künkler, Köln

DK 621.311.153.2 : 621.365.453

Heißwasserspeicher und Belastungskurven. [Nach W. Wardenberg, Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 31 (1940) S. 312; 10 S., 21 B.]

In der Schweiz hat die große Beliebtheit der Heißwasserspeicher vielfach zu einer so starken Verbreitung geführt, daß die dadurch hervorgerufene Nachtbelastung der entsprechenden Netzteile die Tagesleistung wesentlich übersteigt. Damit ist aber dann der Sinn des Heißwasserspeichers als Lastausgleich in das Gegenteil verkehrt. In Deutschland hat man schon frühzeitig auf diese Möglichkeit hingewiesen[1]) und schon damals Verfahren zur Bestimmung der kritischen Anschlußzahl der Heißwasserspeicher angegeben. Im übrigen ist in Deutschland die Gefahr deshalb nicht so groß, weil man rechtzeitig dazu übergegangen ist, zur Heißwasserbereitung in der Küche tagstrombeheizte Kleinspeicher zu verwenden und nur zur Badewasserbereitung Nachtstromspeicher einzusetzen, während man in der Schweiz Küchen- und Badewasser mit nachtstrombetriebenen Speichern herstellt. Trotzdem bietet die umfangreiche Untersuchung auch für Deutschland viel Interessantes.

Es wird zunächst durch eine teils statistische, teils auf Messung beruhende Untersuchung nachgewiesen, daß der typische Lastverlauf der Speicher vom Beginn der Einschaltung, z. B. 21 h, fast geradlinig bis zum Morgen abnimmt. Man kann nun die auftretende Lastspitze durch entsprechende Unterteilung der Speicher in Gruppen mit verschiedener Einschaltzeit wesentlich senken. Am zweckmäßigsten werden 2 bzw. 3 Gruppen vorgesehen. Bei 2 Gruppen ist für die zweite nur etwa die halbe Einschaltdauer bei doppelter spezifischer Leistung je Speicher vorzusehen, wenn die Leistungsspitze möglichst klein bleiben soll. Ein entsprechendes Rechnungsverfahren wird angegeben. Bei 3 Gruppen soll die zweite etwa 60%, die dritte etwa 30% der Einschaltdauer der ersten Gruppe aufweisen. Schließlich wird noch ein besonderes Schaltverfahren angegeben, bei dem die erste Gruppe zu Nachtbeginn, die zweite aber je nach der voraufgegangenen Benutzung des Speichers so eingeschaltet wird, daß der Leistungsverlauf etwa den reziproken Wert erreicht, d. h. alle Speicher dieser Gruppe sollen am Morgen gerade voll aufgeladen abschalten. Der Einschaltzeitpunkt muß dann durch eine besondere Schalteinrichtung je nach dem noch vorhandenen Heißwasservorrat festgelegt werden. Bei dem vorgeschlagenen Gerät wird als Meßwert die am Tage vorher durch den Speicher geströmte Kaltwassermenge gewählt. Ein entsprechendes Schaltgerät, das auch den Wärmeverlust des unbenutzten Speichers berücksichtigen muß, soll gebaut werden. *Mö.*

DK 621.312(47)

Die Elektroindustrie in der Sowjetunion 1940. [Nach W. W. Bogatyrew, Westnik Elektroprom., Moskau, 11. Jahrg. (1940) Nr. 9, S. 1; 5 S.]

Obwohl die Elektroindustrie in der Sowjetunion im Laufe der letzten 15 Jahre stark ausgebaut wurde, kann sie den ständig steigenden Bedarf des Landes an elektrotechnischen Erzeugnissen noch nicht decken. Besonders dringend ist der Ausbau der Erzeugung von elektrischen Maschinen, Transformatoren, Dampfmaschinen und Kesseln, Kabeln, Apparaten für Niederspannung, funk- und fernmeldetechnischen Geräten, Akkumulatoren und Glühlampen. Auch die Hebung der Güte der Erzeugnisse wird als notwendig bezeichnet. Im Rahmen des laufenden dritten Fünfjahresplanes ist deshalb die Errichtung einer Reihe von Produktionsstätten vorgesehen. Ein Glühlampenwerk geht der Vollendung entgegen. Mit dem Bau eines Transformatorenwerkes, zweier Fabriken für Hochspannungsgeräte und einer für Beleuchtungskörper wurde begonnen. Geplant sind zwei Werke für Gleichstrommaschinen, zwei weitere für Niederspannungsgeräte sowie zwei für Installationsmaterial und eins für Röntgengeräte.

Gegenwärtig baut die Elektromaschinen-Industrie große Turbosätze, Transformatoren für alle Spannungen bis zu 220 kV, Regel- und sonstige Sondertransformatoren, Gleichstrommaschinen und Motoren bis 3500 kW Leistung, Gleichrichter bis zu 5000 A sowie normale Antriebsmotoren und solche für Sonderzwecke. Für eine weitere Verbesserung der hergestellten Maschinen werden Fortschritte auf dem Gebiete der Isolierstofferzeugung gefordert. An der Entwicklung von Gasturbinen, der Wasserstoffkühlung größerer Maschinen sowie von Kondensatoren und Transformatoren mit nichtbrennbaren Flüssigkeiten und Tränkmitteln wird gearbeitet. Die Apparatefabriken stellen u. a. her: Ölschalter für 6 und 10 kV mit 200 MVA Abschaltleistung, erstere für Ströme bis zu 4000 A, Ölschalter für 110 und 154 kV bei 2500 MVA Abschaltleistung, ferner Überspannungsschutzgeräte. Die Kabelwerke liefern Ölkabel bis 110 kV, Kabel mit einer Isolation aus synthetischem Kautschuk sowjetrussischer Herkunft, Hohlseile für Hochspannungsfreileitungen, Drähte mit hitzebeständiger Isolation und Emailleisolation aus heimischen Rohstoffen, ferner verschiedene andere Arten von Kabeln und Leitungen mit Isolation aus synthetischen Stoffen. Weiterhin wird versuchsweise Wickelkupfer mit Glasisolation hergestellt. Ein Hochfrequenz-Versuchskabel wurde angefertigt. Die Industrie der lichttechnischen und verwandten Gebiete liefert zahlreiche Arten von Glühlampen, Leuchtröhren, Verstärker- und Senderöhren bis 100 kW Leistung, Photozellen, Röntgenröhren und Apparate sowie Quecksilberdampfgleichrichter bis 200 A. Eine Verbesserung der Güte der Erzeugnisse wird auch dabei gefordert, da beispielsweise der Stromverbrauch der Glühlampen zur Zeit um 10 bis 15% höher liegt als der der ausländischen Markenfabrikate. Die Isolierstoffwerke liefern alle Arten von Isoliermaterial: Hartpapier-, Glimmer- und Kunststofferzeugnisse, wobei ausländische Rohstoffe vielfach durch einheimische ersetzt werden konnten. Die Porzellanfabriken stellen alle erforderlichen Isolatoren bis zu solchen für 220 kV her. Die Schwachstromindustrie baut Fernsprechanlagen einschließlich solcher für Selbstanschluß, Telegraphengeräte, Funkanlagen, Geräte u. a. Eine Fernsehanlage wurde in Leningrad gebaut; an der Entwicklung von Fernsehempfängern wird gearbeitet. *J. S.*

[1]) Siehe Mörtzsch, Belastungsverhältnisse beim elektrischen Kochen und der Heißwasserbereitung, ETZ 52 (1931) S. 961.

Handelsregistereintragungen. — Studien-Gesellschaft für angewandte Physik m. b. H., Berlin SW 68, Jerusalemer Straße 59 (20 000 RM): Erforschung und Entwicklung von Verfahren und Einrichtungen auf den Gebieten der Hochfrequenztechnik, Meß- und Fernsehtechnik sowie von elektromechanischen Apparaten. — Westmarkwerke AG., Ludwigshafen a. Rh., lautet die frühere Firma Pfalzwerke AG., Ludwigshafen. Gegenstand jetzt: Ausnützung der Elektrizität, insbesondere durch Erzeugung, Bezug und Verwendung der Elektrizität, die Förderung der allgemeinen Verwendung elektrischer Arbeit sowie die Beteiligung an verwandten Unternehmungen in jeder Form. — Richnow G. m. b. H., Berlin-Charlottenburg, Werner-Siemens-Straße 20/21 (20 000 RM): Unternehmen der gewerblichen Wirtschaft, insbesondere auf dem Gebiet der Elektrotechnik zu errichten und zu betreiben.

Jubiläum. — Am 20. Mai begingen die Bergmann-Elektrizitäts-Werke AG., Berlin, ihr 50jähriges Geschäftsjubiläum. Aus der kleinen Werkstatt, die der 1927 verstorbene Geheime Baurat Dr.-Ing. E. h. Sigmund Bergmann in der Fennstraße gründete, ist im Laufe der Jahrzehnte ein Großbetrieb der Deutschen Elektroindustrie entstanden. Ursprünglich auf die Fertigung des bekannten Bergmann-Isolier- und Stahlrohres und der damit verbundenen Installationsmaterialien eingestellt, hat das Unternehmen im Laufe der Jahrzehnte sich auch vielen anderen Gebieten der Elektro- und Metallindustrie zugewandt und Weltruf erlangt.

Auszeichnungen. — Der Firma Wilhelm Carstens, Fabrik für Elektro-Isoliermaterial und Lackfabrik, Hamburg-Wilhelmsburg, wurde anläßlich des Leistungswettkampfes der Betriebe das „Gaudiplom für hervorragende Leistungen" verliehen.

20 Jahre Reichskuratorium für Wirtschaftlichkeit. — In diesen Tagen blickt das Reichskuratorium für Wirtschaftlichkeit (RKW), die Zentralstelle der deutschen Rationalisierung, auf ein 20jähriges Bestehen zurück. Das RKW wurde im Juni des Jahres 1921 auf Veranlassung des Reichswirtschaftsministeriums und des Deutschen Verbandes technisch-wissenschaftlicher Vereine begründet, um die verschiedenartigen Rationalisierungsbestrebungen zusammenzufassen und um in technisch-wirtschaftlicher Gemeinschaftsarbeit zwischen Praxis, Wissenschaft und Behörden den Vorsprung aufzuholen, den andere Länder vor dem im Weltkriege abgeschlossenen Deutschland erlangt hatten.

Der volkswirtschaftliche Wert der Tätigkeit des RKW besteht vor allem darin, daß der wirtschaftstechnische Fortschritt auf dem Wege des Erfahrungsaustausches und der Gemeinschaftsarbeit schneller und zielbewußter verallgemeinert wird, als das sonst der Fall wäre.

Die Kriegswirtschaft setzt die im Vierjahresplan und im Rahmen der Leistungssteigerung begonnene Linie im wesentlichen auch auf dem Gebiete der Rationalisierung fort. Die Bedeutung der Rationalisierungsaufgaben in ihrer Gesamtheit ist angesichts der gestiegenen wirtschaftlich-technischen Anforderungen der Kriegsführung noch gewachsen.

VERSCHIEDENES

BEKANNTMACHUNGEN

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker
(Eingetragener Verein)

Fernsprecher: 30 06 31 — Postscheckkonto: Berlin 213 12
Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00
Postscheckkonto der ETZ-Verlag G. m. b. H.: Berlin 223 84

Jahresabschluß 1940 und Entlastung der Geschäftsführung

In Würdigung der Kriegsverhältnisse wird auch in diesem Jahre auf die Mitgliederversammlung und aus den gleichen Gründen auf die Einberufung des Vorstandsrates verzichtet.

Der Jahresabschluß des VDE für das Jahr 1940 ist sowohl von der Deutschen Treuhand- und Wirtschaftsrevisions-A.-G. als auch von den vom Vorstand zur Prüfung beauftragten Rechnungsprüfern geprüft und in Ordnung befunden und daraufhin vom Vorstand genehmigt worden.

Der Vorsitzende hat der Geschäftsführung Entlastung erteilt.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
Der Vorsitzende
Rissmüller

Drähte und Kabel

Der Ausschuß für Drähte und Kabel hat einen Entwurf zu Änderungen an

VDE 0250 U „Umstell-Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen"

aufgestellt, der in ETZ 62 (1941) H. 25, S. 578 veröffentlicht ist.

Begründete Einsprüche sind der Geschäftstelle bis zum 1. Juli 1941 einzureichen.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
Der Geschäftsführer
Viefhaus

Merkblattsammlung über Metallbewirtschaftung in der Elektroinstallation

Der vom Reichswirtschaftsminister ins Leben gerufene „Arbeitsausschuß für die Anwendung von Austauschstoffen und für Einsparung von NE-Metallen in elektrischen Anlagen" (A. A. N. E.), Berlin, hat in Zusammenarbeit mit dem VDE eine Merkblattsammlung zur Unterrichtung der Elektrofachleute herausgegeben. Der Inhalt der Merkblätter befaßt sich im wesentlichen mit praktischen Maßnahmen, die geeignet sind, den Verbrauch an Sparstoffen einzuschränken und die Anwendung von Austauschstoffen beim Bau elektrischer Installationsanlagen zu fördern.

Die Sammlung gliedert sich in drei Gruppen:

1. Technische Maßnahmen zur Metalleinsparung,
2. Austauschstoffe in elektrischen Installationsanlagen,
3. Praktische Winke für die Anforderung von Metallen.

In kürzester, auf den Gebrauch der Praxis eingestellter Form wird Aufschluß über die allgemeinen Gesichtspunkte gegeben, die heute bei der notwendigen Metalleinsparung und Verwendung von Austauschstoffen zu berücksichtigen sind. Die Merblätter behandeln ferner den Stand der technischen Neuerungen und Maßnahmen, die wesentliche Einsparungen an Metallen ohne Herabsetzung der Leistungsfähigkeit und der Sicherheit der Anlagen im Sinne der VDE-Vorschriften ermöglichen. Im Abschnitt „Praktische Winke für die Anforderung von Metallen" werden dem Praktiker wertvolle Fingerzeige gegeben, wie er durch die Vielzahl der heute für die Metallbeschaffung bestehenden Vorschriften hindurchfindet. Die Merkblattsammlung wird laufend durch Herausgabe neuer Blätter ergänzt und auf dem laufenden gehalten.

Der Preis von RM 1,70 der in einer dauerhaften Sammelmappe vereinigten bisher erschienenen Merkblätter, Ausgabe E für das Elektrofach, ermöglicht die Anschaffung jedem Fachmann, der mit der Planung und Ausführung von Elektro-Installationen zu tun hat. Eine weitere Merkblattsammlung, Ausgabe B für das Baufach, erscheint demnächst. Sie ist für die Aufklärung der Architekten und Baufachleute bestimmt.

Bestellungen nimmt die „Arbeitsgemeinschaft zur Förderung der Elektrowirtschaft" (A.F.E.), Berlin W35, Buchenstraße 5, oder der Energiewirtschaftliche Verlag, Hugo L. Meyer, Berlin W35, Buchenstraße 5, entgegen.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
Der Geschäftsführer
Viefhaus

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker



Isolierte Leitungen in Fernmeldeanlagen

Wir machen darauf aufmerksam, daß die VDE-Prüfstelle jetzt auch Anträge auf Erteilung der Genehmigung zur Führung eines Verbandskennfadens für Seidenlackdrähte SL, LSL, LUL, LSUL nach VDE 0810c/XII. 40 und VDE 0810 Ud./XII. 40 entgegennimmt.

Prüfstelle des Verbandes deutscher Elektrotechniker
Dall

Sitzungskalender

VDE Bezirk Braunschweig. 24. 6. (Di), 19^{30}, Hochspannungsinst. der T. H.: „Entwicklung und Prüfung von Schaltern größter Leistung". Obering. W. Kaufmann VDE.

VDE Bezirk Südsachsen, Chemnitz. 19. 6. (Do), 19^{30}, Staatl. Akademie für Technik: „Verschleißfragen im Schaltgerätebau". Dir. Franken VDE.

Beleuchtungstechn. Institut der T. H. Berlin. 26. 6. (Do), 16^{00}, T. H. Berlin: Feier des 25jährigen Bestehens mit sechs Vorträgen.

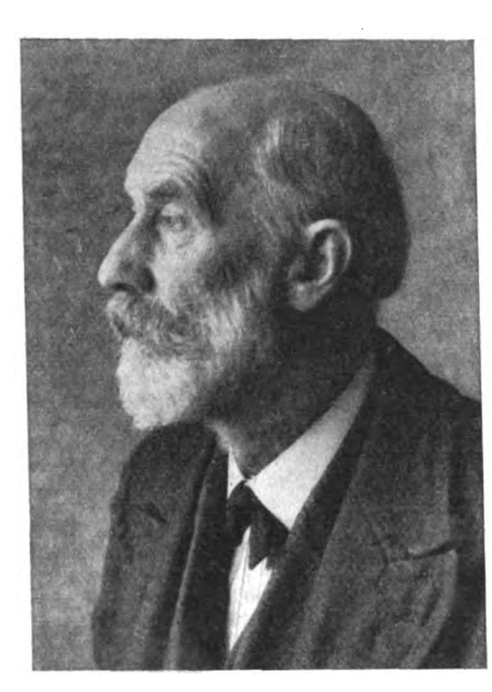
PERSÖNLICHES

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten)

E. Oelschläger †. — Am 9. Mai starb der langjährige Oberingenieur der Siemens-Schuckert-Werke, Berlin, Herr Dr.-Ing. E. h. Ernst Oelschläger VDE kurz vor Vollendung seines 79. Lebensjahres. Als Sohn eines Oberstudienrates am 12. Mai 1862 in Reutlingen geboren, besuchte er die Oberrealschule in Stuttgart bis zur Obersekunda und studierte an der dortigen Technischen Hochschule von 1881 bis 1884. Er war einer der ersten Schüler von Professor Dietrich, dem Direktor des Elektrotechnischen Instituts, einem der ältesten akademischen Lehrer der Elektrotechnik. Launig erzählt er in seinen Erinnerungen, daß er im ersten Semester nur von elektromotorischer Kraft, Strom und Widerstand gehört habe, der Begriff der Spannung sei erst später aufgetaucht. Am Ende seiner Studienzeit machte er eine größere Arbeit über die Erwärmung von blanken und besponnenen Kupferdrähten, die zu dem auffallenden Ergebnis führte, daß unter Umständen besponnene Drähte weniger warm werden, als blanke. Die Arbeit erschien 1885 in der ETZ. In der elektrotechnischen Fabrik Kannstatt oblag ihm die Berechnung und Prüfung der Dynamomaschinen, wobei die Tangentenformel von Gisbert Kapp angewendet wurde.



Am 1. Oktober 1888 trat Oelschläger in die Dienste der Firma Siemens & Halske, der er bis ans Ende seiner beruflichen Tätigkeit angehört hat. Vom 1. Januar 1889 an leitete er das Versuchsfeld, dessen Einrichtung und Führung mir nach der Übersiedlung der Abteilung v. Hefner-Altenecks nach dem Charlottenburger Werk übertragen worden war. Von da an begann die Zeit unseres engsten Zusammenarbeitens. Oelschläger nahm den lebhaftesten Anteil an der Ausarbeitung des Drehstromsystems. Er gab hierbei den in Patentkämpfen heiß umstrittenen Drehstromtransformator an, dessen drei senkrechte Säulen sich in den Ecken eines gleichseitigen Dreiecks befinden, einem viel gebauten Typ, auf den aber schließlich keine der beteiligten Firmen, Siemens & Halske, AEG und Schuckert ein Patent erhielt. An der Durchbildung der Drehstromgeneratoren und -motoren, ihrer Berechnung bis zur Gründung eines besonderen Berechnungsbüros, an der Schaffung geeigneter Meßverfahren und Meßgeräte war er in erster Linie beteiligt. Von ihm stammt auch der weitverbreitete Hörnerblitzableiter.



E. Oelschläger †

Bis zum 13. August 1912 blieb er Vorsteher der Versuchsstelle für Maschinen, Apparate und Transformatoren, vom 1. April 1909 bis 1912 leitete er neben dem Versuchsfeld auch das Laboratorium für physikalische und chemische Untersuchungen, das dann zu einer Materialprüfstelle ausgebaut und ihm allein unterstellt wurde.

Mit mehreren technisch wissenschaftlichen Arbeiten ist Oelschläger hervorgetreten. Im Jahre 1900 veröffentlichte er in der ETZ einen Aufsatz über die „Berechnung von Widerständen, Motoren und dergl. für aussetzende Betriebe", in dem er die mathematischen Grundlagen für die Erwärmung und Abkühlung der Maschinen usw. ableitete und sie zur Berechnung der für sie zulässigen Beanspruchung bei aussetzendem Betrieb anwendete. Der Aufsatz ist der Ausgangspunkt für alle Untersuchungen auf diesem Gebiete geworden. Ein Aufsatz in der ETZ 1904 brachte Aufschlüsse über den bis dahin unbekannten Verlauf und die Stärke des Schmelzstromes der Sicherungen, wobei er den von Siemens & Halske durchgebildeten Blondelschen Oszillographen benutzte. Wieder andere Aufsätze in der Z. VDI 1918 und in der ETZ 1922 brachten Untersuchungen über den Einfluß der Temperatur auf die Zähigkeit von Transformator- und Schalterölen sowie von Schmierölen und deren Durchschlagfestigkeit. Diese Untersuchungen führten Oelschläger zum Bau eines Apparates zur Beobachtung der Öldurchschläge unter dem Mikroskop. Die Aufsätze von Oelschläger zeichnen sich durch ihre klare Darstellung aus. So hat der schlichte bescheidene Mann, ohne äußerlich hervorzutreten, in wichtigen Fragen der Elektrotechnik Pionierarbeit geleistet. Die T. H. Stuttgart hat ihn dafür durch die Promotion zum Dr.-Ing. E. h. ausgezeichnet. Durch sein umfassendes Wissen, seine große Gewissenhaftigkeit und Sorgfalt in seinen Untersuchungen hat Oelschläger sich die uneingeschränkte Anerkennung und Zuneigung aller erworben, die mit ihm zusammenarbeiteten oder mit ihm in Berührung traten. Sein bescheidenes, selbstloses und freundliches Wesen verdient besonders hervorgehoben zu werden.

H. Görges VDE

G. Sinner †. — Mitten im Urlaub, in dem er wieder einmal Erholung von seinem Leiden aus dem Weltkrieg suchte, starb am 25. Mai 1941 Dr.-Ing. Georg Sinner. Fast alle Ingenieure kennen das Ergebnis von bald zwei Jahrzehnten seiner Lebensarbeit: Die neuen Auflagen der „Hütte". Sie mit den schnellen Fortschritten der Technik Schritt halten und doch nicht unübersehbar umfangreich werden zu lassen, war ihm als dem Hauptschriftleiter der „Hütte" eine schwierige, aber lohnende Aufgabe. Wirkte Sinner hier hauptberuflich im Dienste seiner Fachgenossen, so tat er es in seiner freien Zeit nicht minder. Im Ausschuß für Einheiten und Formelgrößen war er stellvertretender Vorsitzender, und die Gründung der Technisch-Literarischen Gesellschaft, die die Pflege der Technik im öffentlichen Schrifttum zum Ziele hat, ist mit sein Werk.

BUCHBESPRECHUNGEN

DK 538.3

Beiträge über die Schirmwirkung von Hüllen gegen Streufelder des 50-periodigen Wechselstromes. Von Dr.-Ing. G. Schadwinkel. Mit 31 B. u. 72 S. im Format A 5. Konrad Triltsch Verlag, Würzburg-Aumühle 1941. Preis 3,60 RM.

Im ersten Teil des geschickt zusammengestellten Büchleins gibt der Verfasser einen nach einheitlichen Gesichtspunkten geordneten Überblick über die bisherigen theoretischen Arbeiten, die sich mit der Schirmwirkung leitender Hüllen in einem magnetischen Feld befassen. Als Idealfälle werden dabei der unendlich lange Kreiszylinder im axialen Feld und die Hohlkugel behandelt. Für die zur Auswertung unhandlichen Hankelschen Funktionen werden Näherungslösungen angegeben und auf ihre Richtigkeit hin diskutiert. Kurven zeigen die Abweichungen zwischen exakter Rechnung und Näherungsrechnung. Für ferromagnetische Schirme wird der Einfluß der Wirbelstromschirmwirkung und der magnetostatischen Schirmwirkung getrennt diskutiert. Umfangreiche experimentelle Untersuchungen bestätigen die Richtigkeit der theoretischen Ergebnisse. Falls der offene Schirmzylinder länger als der dreifache Durchmesser ist, gelten bereits die Formeln für unendliche Länge. Luftspalte in den Abschirmgehäusen setzen teils durch Unterbrechung der Wirbelströme, teils durch Erhöhung des magnetischen Widerstandes die Schirmwirkung je nach ihrer Lage zum magnetischen Feld mehr oder weniger herunter. Mehrfachschirme ergeben bei gleichem Materialaufwand bessere Wirkung als ein Einzelschirm; ein Optimum ergibt sich für ein Durchmesserverhältnis der Schirme von 0,6; bei größerer Näherung sinkt die Schirmwirkung wegen der Rückwirkung der Schirme aufeinander.

Im Anhang werden in übersichtlicher Form Kurven für die Schirmwirkung in Abhängigkeit von Permeabilität, spezifischem Widerstand des Schirmmaterials und Wandstärke bei verschiedenen Durchmessern angegeben, die für den Entwurf solcher Schirme wertvoll sind.

A. Schwenkhagen VDE

EINGÄNGE

[Ausführliche Besprechung vorbehalten.]

Bücher

Was muß jeder von der Invalidenversicherung wissen? Von A. Glenz. 3. Aufl. Mit 32 S. im Format A 5. Verlag A. Glenz, Essen-Bredeney 1941. Preis 0,70 RM zuzügl. Porto.

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Dipl.-Ing. A. Künkler, Köln-Lindental, Am Kieler Dom 25
Dr-Ing. H. Laurick VDE, Berlin-Zehlendorf, Rappoltsweilerstr. 8
Dipl.-Ing. W. Stiassny VDE, Berlin-Steglitz, Schloßstr. 7

Abschluß des Heftes: 13. Juni 1941

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE (z. Z. im Felde)
G. H. Winkler VDE (z. Z. im Felde)
H. Hasse VDE und R. Henrichs VDE

Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.



Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

62. Jahrgang | Berlin, 26. Juni 1941 | Heft 26

Gewittersicherheit von Mittelspannungsfreileitungen

Von K. Wesche VDE, Frankfurt a. O.

DK 621.316.93 : 621.315.17

Übersicht. Die Betriebserfahrungen in einem großen Mittelspannungsnetz mit den verschiedenen Gewitterschutzmaßnahmen werden bekanntgegeben. Es wird begründet, daß einige Schutzmaßnahmen, die sich auf Höchstspannungsleitungen gut bewährt haben, auf Mittelspannungsleitungen ungeeignet sind. Die Auswertung einer richtig aufgebauten Isolatorenschäden-Statistik zeigt den Vorteil der Holzisolation zwischen den Querträgern und gegen Erde. Über den Einbau von Rohrableitern an Kabelaufführungsmasten, Maststationen und Eisenmasten im Zuge von Holzmastleitungen wird berichtet.

In den letzten Jahren gewinnt in Mittelspannungsnetzen die Kurzschlußfortschaltung zunehmend an Bedeutung. Von vielen Fachleuten wird sie als das alleinige und beste Mittel angesehen, um in Zukunft gewittersichere Mittelspannungsleitungen zu erzielen. Gewiß wird die Kurzschlußfortschaltung für alle alten Freileitungsnetze bald als Gewitterschutz von hervorragender Bedeutung sein, aber noch zweckmäßiger ist es, die Freileitungen schon beim Bau so zu gestalten, daß bei Gewitter überhaupt keine Schalterauslösungen oder längeren Störungen mehr auftreten und daß auch die Kurzschlußfortschaltung überhaupt nicht zum Arbeiten kommt. Über die Grundsätze, die beim Bau gewittersicherer Mittelspannungsfreileitungen zu beachten sind, ist im Fachschrifttum gegenüber den zahlreichen Abhandlungen über die Schutzmaßnahmen an Höchstspannungsleitungen wenig zu finden[1]). Die Anschauungen haben sich im Laufe der letzten zehn Jahre zum Teil wesentlich geändert und sind zur Zeit auch noch nicht einheitlich, sondern häufig einander entgegengesetzt. Zur Klärung dieser Fragen sollen, einer früher in dieser Zeitschrift gegebenen Anregung [4][1]) folgend, die Betriebserfahrungen in einem größeren Mittelspannungsnetz in nachstehenden Ausführungen bekanntgegeben werden.

Die Bedeutung der einzelnen bekannten Gewitterschutzeinrichtungen wird am klarsten herausgestellt durch eine kritische Betrachtung der Schutzmaßnahmen, die sich an Höchstspannungsleitungen bewährt haben.

Zur Erhöhung der Gewittersicherheit der Höchstspannungsleitungen werden folgende Mittel mit großem Erfolg angewendet:

1. Verbessern der Masterdungen, um rückwärtige Überschläge zu verhindern.
2. Anordnung mehrerer Erdseile als Schutz gegen direkte Einschläge in die Phasenseile.
3. Lichtbogensichere Isolatoren.
4. Wirksame Lichtbogen-Schutzarmaturen.
5. Verwenden von Holz zur Isolation der Querträger gegeneinander und gegen Erde.
6. Rohrableiter.

Im folgenden wird angegeben, welche von diesen sechs Schutzmaßnahmen für Mittelspannungsfreileitungen geeignet und welche sich am besten in Mittelspannungsanlagen bewährt haben.

1. Verbessern der Masterdungen

Die im Höchstspannungsnetz recht erfolgreiche Verbesserung der Erdungen ist im Mittelspannungsnetz fast immer nutzlos. Die Stoßspannungsfestigkeit der auf Mittelspannungsleitungen verwendeten Isolatoren liegt mit 150 bis 200 kV derartig niedrig, daß bei den wirtschaftlich erreichbaren Erdungswerten noch häufige rückwärtige Überschläge bei direkten Blitzeinschlägen auftreten müssen. Außerdem werden durch benachbarte Blitze bei Leitungen ohne Erdseil Überspannungen induziert, die die Mindest-Stoßüberschlagsspannung der üblichen Freileitungsisolatoren überschreiten [6] [15].

2. Verwenden von Erdseilen

Da auf Mittelspannungsfreileitungen schon die häufig vorkommenden mittelstarken Blitzströme zu rückwärtigen

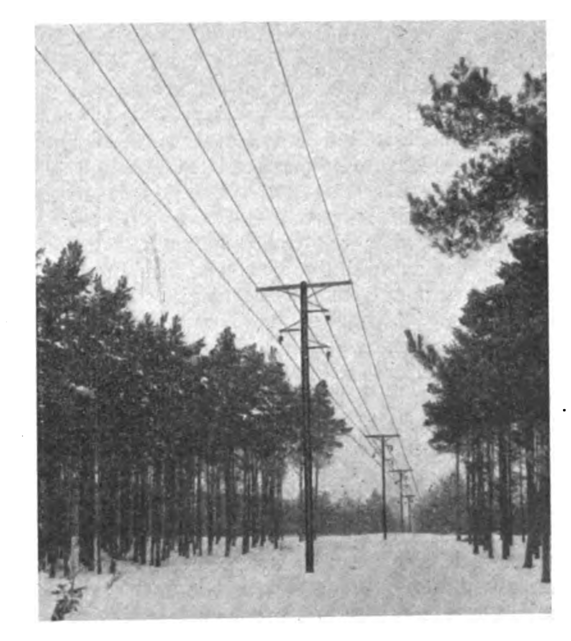


Bild 1. Gewitteranfällige 15 kV-Leitung mit zwei Erdseilen.

[1]) Siehe das Schrifttumsverzeichnis am Schluß des Aufsatzes. Die Zahlen in eckigen Klammern [] beziehen sich auf dieses.

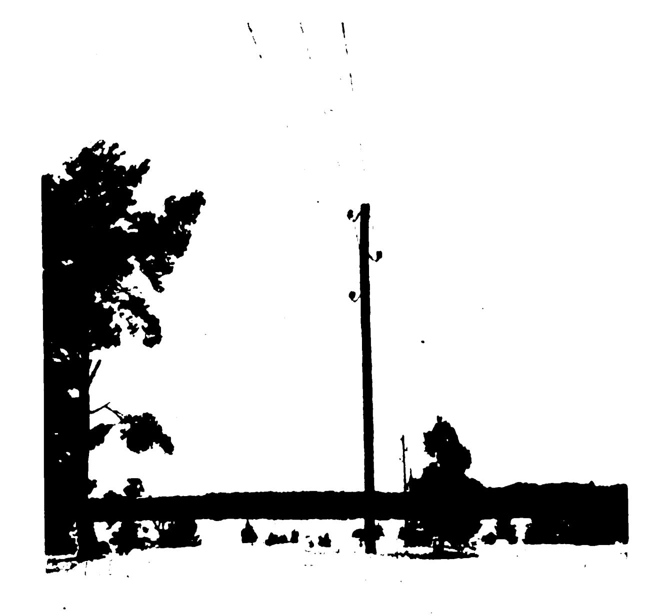


Bild 2. Gewitterfeste 15 kV-Leitung ohne Erdseil.

Überschlägen führen, kann die Anordnung eines oder mehrerer Erdseile über den Phasenseilen nur wenig gewittersichere Leitungen schaffen. Die Betriebserfahrungen haben gelehrt, daß z. B. das in Bild 1 dargestellte Mastkopfbild mit zwei Schutzseilen besonders gewitteranfällig ist. Dagegen ist der in Bild 2 gezeigte Mastkopf ohne Erdseil sehr gewittersicher. Auf der 13,5 km langen Leitung mit 2 Erdseilen nach Bild 1, bei dem nur jeder fünfte Holzmast geerdet ist und die meisten Erdungswiderstände auch nur auf etwa 10 Ω gesenkt werden konnten, sind seit ihrer Errichtung im Sommer 1938 durch Gewitter 6 Störungen durch Isolatorenschäden bzw. durch Seilbrüche vorgekommen, also jährlich durchschnittlich 0,15 Störungen je km Leitung. Auf Leitungen nach Bild 2 ohne Erdseil wurden bei normaler Beschaffenheit der Holzmasten und der Isolatoren dagegen während der gesamten Beobachtungszeit, d. h. seit 1936, überhaupt keine Gewitterschäden an Isolatoren oder Seilen bei einer Leitungslänge von zur Zeit rd. 1380 km gefunden. Diese Erfahrungen stimmen wohl mit der allgemeinen Ansicht der Betriebsingenieure überein; denn als Ergebnis einer Umfrage der VDEW im Jahre 1935 wurde bekanntgegeben [5], daß Erdseile in Mittelspannungsleitungen wenig angewendet werden, um den Isolationswiderstand des Holzes nach Möglichkeit auszunutzen. In den Fachzeitschriften wurden danach wertvolle Anregungen gegeben [7] [10] [11], wie die Isolation des Holzes auch beim Verwenden von Erdseilen ausgenutzt werden kann, z. B. durch schräges Herunterführen am Mast bis 1 m unterhalb der Querträger. Das Erdseil soll insbesondere verhindern, daß die Holzmasten stark absplittern. Da erfahrungsgemäß aber Betriebsstörungen durch zersplitterte Holzmasten äußerst selten sind und das Zersplittern meistens auf starke Feuchtigkeit infolge Fäulnis zurückzuführen ist, liegt kein Grund vor, deshalb alle Mittelspannungsleitungen mit Erdseilen auszurüsten. Nur an ganz vereinzelten Stellen kann ein kurzes Erdseil notwendig sein, wenn beobachtet wird, daß einige Holzmasten schon wiederholt stark abgesplittert sind.

Grundsätzlich muß für den Gewitterschutz der Mittelspannungsfreileitungen — im Gegensatz zum Schutz der Höchstspannungsleitungen — festgestellt werden, daß das Entstehen hoher Gewitterüberspannungen in den Leitungen nicht verhindert werden kann. Deshalb müssen alle Schutzmaßnahmen darauf abgestellt sein zu verhüten, daß beim Ausgleich der Spannungsunterschiede zwischen den Phasenseilen und bei ihrem Übertritt nach Erde Anlageteile durch den Kurzschlußstrom, der schnell zu unterbrechen ist, beschädigt werden. Nicht die Überspannungen und die Blitzströme an sich schaden, sondern nur die Kurzschlußströme. Also muß verhindert werden, daß auf den normalen Holztragmasten Kurzschlüsse auftreten. Der beste Schutz ist hierfür die ausreichende Holzisolation zwischen den Querträgern (siehe Abschnitt 5). An allen Stellen ohne diese Holzisolation, z. B. an Eisenmasten als Kreuzungs-, Abzweig- und Eckmasten, Abspannungen an den Stationen, Streckenschaltern u. a., müssen möglichst einfache Überspannungsableiter eingebaut werden. Dann sind die Mittelspannungsleitungen gewittersicher, und zwar ohne Verwendung von Erdseil [9].

3. Lichtbogensichere Isolatoren

Zur Erhöhung der Gewittersicherheit des Mittelspannungsnetzes wird meistens noch angestrebt, alle Isolatoren mit möglichst hoher Stoßspannungsfestigkeit und hoher Lichtbogensicherheit einzubauen. Durch die lichtbogenfeste Form der Isolatoren hat man erreicht, daß durch die Kurzschlußströme dabei seltener Betriebsstörungen eintreten. Aber man hat damit nicht verhindern können, daß bei jedem Überschlag und darauf folgenden Kurzschluß Beschädigungen an den Isolatoren bzw. Leitungsseilen entstehen, die das Aufsuchen jeder Kurzschlußstelle und das Abschalten der betreffenden Strecke zur Ausbesserung der Fehlerstelle erzwingen.

Die Güte der einzelnen Isolatorenbauarten wird allgemein bei den Überlandwerken nach einer Statistik der Isolatorenschäden, die bei Gewitter entstanden, beurteilt. Eine derartige Statistik der nach Bauarten geordneten Isolatorenschäden (einschließlich der vorbeschädigten Isolatoren) für das betrachtete 3600 km lange Mittelspannungsnetz zeigt Tafel 1; diese ist aufgestellt für die Jahre 1936 bis 1940.

In dieser Tafel fällt zunächst auf, daß von allen Stützisolatoren die verstärkten Weitschirmisolatoren (VHW 15 und VHW 20) viel seltener (0,21 bis 0,64 ‰ aller eingebauten Weitschirmisolatoren) bei Gewitter ausgefallen sind als die normalen Deltaglocken (0,85 bis 2,66 ‰ aller eingebauten Deltaglocken). Durch Verstärken des Porzellankopfes und des übrigen Porzellankörpers und durch den weiten Schirm hat man zweifellos einen gewittersichereren Isolator geschaffen als die normale Deltaglocke. Der geringe Ausfall an verstärkten Weitschirmisolatoren ist aber in dem erwähnten Mittelspannungsnetz nicht allein auf die günstige Isolatorenform zurückzuführen, sondern hauptsächlich auf die ausgezeichnete Schutzwirkung der zwischen den Querträgern vorhandenen Holzisolation [9], [10].

Die Form der Isolatoren kann nämlich allein nicht zum Beurteilen der Gewittersicherheit einer Freileitung herangezogen werden; immer muß die Isolation des ganzen Mastkopfes beachtet werden. Andernfalls kommt man zu einer falschen Beurteilung der Güte der Isolatoren. Betrachtet man z. B. in Tafel 1 den Ausfall an Vollkernisolatoren (VK 2) in den letzten Jahren (2,3 bzw. 1,34 ‰ aller eingebauten Vollkernisolatoren), so müßte man diesen größten und neuesten aller in Mittelspannungsnetzen üblichen Isolatoren als den Isolator bezeichnen, der sich am schlechtesten bewährt hat. Die Ursache der hohen Ausfälle dieser großen Hängeisolatoren ist die besonders gefährdete Art der Aufhängung, d. h. die Erdung seiner Querträger und die metallische Verbindung der Querträger. Die übliche Isolatorschaden-Statistik reicht also für die gerechte Beurteilung der Isolatoren-Bauarten nicht aus. Eine zutreffende Beurteilung ist nur durch eine Schadensstatistik möglich, die die Eigenarten der verschiedenen Mastkopfbilder berücksichtigt, und zwar

- die Form der Querträger (Ausbilden von Lichtbogen-Schutzfunkenstrecken) und
- die Isolation der Querträger gegeneinander und gegen Erde durch mehr oder weniger große Holzstrecken.



Tafel 1. Isolatorenschäden durch Gewitter in den Jahren 1936 bis 1940, Isolatoren nach Bauarten geordnet.

Jahr	beschädigte Isolatoren	H D 15	H D 20	Mast-schalter-isolator	VHW 15	VHW 20	K 1	VK 2	sonstige Bauarten	Summe
1936	Anzahl	77	4	10	13	1	24	4	12	145
	% der Gesamtschäden	53	2,75	7	9	0,7	16,5	2,75	8,3	100
	‰ der eingebauten Gesamtzahl	2,11		—	0,25		0,34	0,24	—	0,88
1937	Anzahl	102	—	4	16	1	53	15	11	202
	% der Gesamtschäden	50	—	2,0	7,9	0,5	26	7.4	5,5	100
	‰ der eingebauten Gesamtzahl	2,66		—	0,31		0,74	0.9	—	1,12
1938	Anzahl	50	4	—	16	4	19	13	2	108
	% der Gesamtschäden	46	3,7	—	14.8	3,7	17,6	12	1,8	100
	‰ der eingebauten Gesamtzahl	1,66		—	0,34		0,27	0,77	—	0,65
1939	Anzahl	69	2	9	39	—	88	47	15	269
	% der Gesamtschäden	26	0.7	3,3	14,5	—	33	17,5	5,7	100
	‰ der eingebauten Gesamtzahl	2,3		2,4	0,64		1,2	2,3	—	1,4
1940	Anzahl	26	—	2	10	3	60	23	12	136
	% der Gesamtschäden	19	—	1.4	7,5	2,2	44	17	9	100
	‰ der eingebauten Gesamtzahl	0,85		0,53	0,21		0,84	1,34	—	0,74
	Gesamtzahl der eingebauten Isolatoren	30 500		3750	61 400		71 800	17 100	—	184 550

4. Wirksame Lichtbogen-Schutzarmaturen

Zusätzliche Einrichtungen sind zum Schutz gegen Lichtbögen in dem betrachteten Mittelspannungsnetz auf den Freileitungen nicht eingebaut [12]. Einen einfachen Schutz haben aber alle seit 12 Jahren errichteten Freileitungen mit Stützisolatoren durch Verwenden der gebogenen Eisenstützen und der verstärkten Weitschirmisolatoren erhalten (siehe Bild 3). Durch die waagerecht

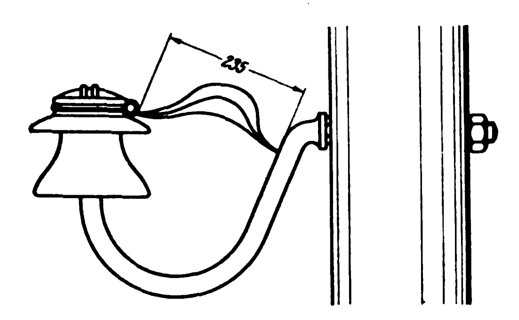


Bild 3. Günstige Form eines Querträgers als Schutzfunkenstrecke.

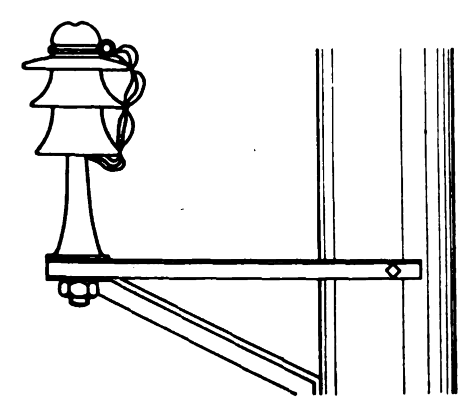


Bild 4. Ungünstige Form eines Querträgers als Schutzfunkenstrecke.

liegende Schutzfunkenstrecke an diesem Querträger wird jeder Lichtbogen sofort vom Isolator abgetrieben. Wie ungünstig dagegen andere gebräuchliche Querträgerformen, besonders in Verbindung mit Deltaglocken, sind, zeigt Bild 4.

5. Holz zur Isolation der Querträger gegeneinander und gegen Erde

Alle Isolatorenschäden durch Gewitter wurden in dem untersuchten Mittelspannungsnetz in den letzten fünf Jahren auf die Isolation ihrer Querträger untersucht. Dabei war aufgefallen, daß Isolatorenschäden auf Leitungen mit dem in Bild 2 dargestellten Mastkopf ohne Erdseil selten vorkamen. Das Ergebnis der fünfjährigen sorgfältigen Beobachtung über die Bedeutung, die der Isolation der Querträger zukommt, ist aus den Tafeln 2, 3 und 4 ersichtlich.

Tafel 2. Isolatorenschäden auf geerdeten Querträgern.
(Anzahl der Vorfälle, nicht Stückzahl der Isolatoren)

Jahr	auf Eisenmasten	an Hausstationen	auf Streckenschaltern	auf Holzmasten mit geerdeten Querträgern	Summe
1936	27	2	4	9	42
1937	29	3	2	11	45
1938	23	4	6	1	34
1939	36	1	5	5	47
1940	28	1	1	9	39
Summe	143	11	18	35	207

Tafel 3. Isolatoren auf nicht geerdeten Holzmasten, jedoch mit metallisch verbundenen Querträgern.
(Anzahl der Vorfälle, nicht Stückzahl der Isolatoren)

Jahr	Mastkopfbilder			sonstige Formen	Summe
1936	43	3	5	2	53
1937	54	5	3	—	62
1938	29	3	1	—	33
1939	48	17	3	5	73
1940	10	3	2	2	17
Summe	184	31	14	9	238

Tafel 4. Isolatorenschäden auf Querträgern, die durch Holzstrecken voneinander isoliert sind.
(Anzahl der Vorfälle, nicht Stückzahl der Isolatoren)

Jahr	Holzstrecken zwischen den Querträgern sind lang: 1 … 10 cm	11 … 20 cm	21 … 30 cm	31 … 40 cm	> 40 cm	Summe
1936	—	3	—	—	—	3
1937	20	5	—	—	—	25
1938	2	1	1	2	—	6
1939	3	4	—	2	1	10
1940	—	3	—	—	1	4
Summe	25	16	1	4	2	48

Auf geerdeten Querträgern wurden in den letzten fünf Jahren in 207 Fällen schadhafte Isolatoren gefunden (nicht Stückzahl der Isolatoren; s. Tafel 2). Auf nicht geerdeten Holzmasten, jedoch mit metallisch verbundenen Querträgern, sind von 1936 bis 1940 in 238 Fällen Isolatoren schadhaft geworden (Tafel 3). Auf den am meisten vorhandenen Holzmasten mit Querträgern, die durch mehr oder weniger lange Holzstrekken voneinander isoliert sind, kamen in nur 48 Fällen Schäden an Isolatoren in den letzten fünf Jahren vor (Tafel 4).

Unterteilt man die Schadenfälle der Tafel 4 noch weiter, so kommt der große Vorteil der Holzisolation zwischen den Querträgern besonders augenfällig hervor. Bis 10 cm lange Holzstrecken zwischen den Querträgern ließen noch in 25 Fällen Isolatorenschäden zu. Zwischen 10 und 20 cm lange Holzstrecken verhinderten in 16 Fällen nicht das Absplittern der Isolatoren. Offensichtlich reicht die Holzstrecke bis 20 cm Länge bei einer Betriebsspannung von 15 bis 20 kV nicht aus, um den Kurzschlußstrom sofort nach Abklingen der Überspannung zu löschen. Der Lichtbogen überbrückt diese Strecke. Aber über 20 cm lange Holzstrecken verhindern fast immer, daß die Isolatoren durch den Kurzschlußstrom beschädigt werden. Die in fünf Jahren beobachteten 7 Ausnahmefälle sollen hier kurz geschildert werden.

Der in der Tafel 4 aufgeführte Gewitterschaden im Jahre 1938 bei der 30 cm langen Holzstrecke kam auf einem A-Mast vor, dessen Kopf angefault und stark feucht war. Der Mast stand seit 1914 und war nur mit Quecksilbersublimat getränkt. Bei 40 cm langen Holzstrecken zwischen den Querträgern traten insgesamt nur 4 Schadenfälle auf. Dabei sind in 2 Fällen Vollkernisolatoren (VK 2) auf geerdeten A-Masten übergeschlagen (Schutzseilkreuzungen mit Höchstspannungsleitungen). In den anderen beiden Fällen sind zweiteilige Deltaglocken auf kyanisierten, 1924 errichteten A-Masten übergeschlagen. Hierbei ist der stärkere Blitzstrom und insbesondere der stärkere Betriebskurzschlußstrom auf die vorgeschrittene Fäulnis und auf die starke Feuchtigkeit am Mastkopf zurückzuführen.

Bei mehr als 40 cm langen Holzstrecken sind insgesamt nur 2 Schadenfälle vorgekommen. 1939 wurde ein Gewitterschaden auf einem Mastkopf mit 70 cm Holz zwischen den Querträgern festgestellt. Die Kleinhängeisolatoren (je Phase 3 × K 1) waren übergeschlagen und teilweise zerplatzt. In diesem Ausnahmefall müssen die kleinen Kappenisolatoren durchgeschlagen und schon durch den Blitzstrom, nicht durch den Kurzschlußstrom, zertrümmert sein. Der zweite Ausnahmefall wurde 1940 auf einem Versuchsmast mit Längsbohrung und mit Thanalittränkung beobachtet. Hierbei wurde ein verstärkter Weitschirmisolator leicht beschädigt, obwohl die gebogenen Stützen durch eine 125 cm lange Holzstrecke voneinander isoliert waren. Der Mastkopf, der durch einen Regentrichter feucht gehalten wurde, war aufgesplittert, und die gebogene Stütze war aus dem Mast herausgezogen.

Überblickt man die geschilderten Erfahrungen mit den verschieden langen Holzstrecken zwischen den Querträgern, so kann zusammenfassend festgestellt werden:

Die Häufigkeit von Isolatorschäden auf Mastköpfen mit Holzisolation zwischen den Querträgern ist wesentlich geringer als auf geerdeten Mastköpfen und auf solchen Holzmasten, deren Querträger metallisch verbunden sind.

Bis 20 cm lange Holzstrecken verhindern nicht immer die Isolatorenschäden, weil bei der meist vorhandenen Feuchtigkeit des Mastkopfes der Kurzschlußstrom durch eine Überspannung eingeleitet wird und der Lichtbogen die 20 cm lange Holzstrecke bei 15 bis 20 kV Betriebsspannung überbrückt. Hierzu kommt, daß die Mindestüberschlags-Stoßspannung bei frisch getränkten Kiefernmasten 300 kV/m beträgt, während sie bei alten Kiefernmasten mit 450 bis 500 kV/m um über 50 % höher ist [14].

Anzustreben sind Mastkopfbilder mit wenigstens 40 cm Holzstrecke zwischen den Querträgern.

Bei ausreichender Holzisolation ist die Bauart der Isolatoren nebensächlich!

Als gewittersicherste Mastkopfausbildung hat sich die Anordnung Bild 2 mit gebogenen Stützen bewährt, bei der die Querträger durch mehr als 70 cm und bis zu 125 cm lange Holzstrecken (je nach Leiterwerkstoff und -querschnitt) voneinander isoliert sind. Nur ein Isolatorschaden ist auf diesem Mastkopfbild vorgekommen und nur unter den angegebenen besonderen Feuchtigkeitsverhältnissen. Dabei wurden seit dem Herbst 1929 rd. 18 000 Holzmasten, d. s. ein Drittel aller Stützpunkte, mit diesem Mastkopf aufgestellt; auf dieses Drittel entfällt von 493 Gewitterschäden nur ein einziger Schaden (0,2 % aller Schäden).

6. Rohrableiter

Neben den bekannten Überspannungsableitern mit spannungsabhängigen Widerständen hat der sich durch seine Einfachheit und Billigkeit auszeichnende Rohrableiter in den letzten Jahren in deutschen Hochspannungsnetzen ebenfalls Eingang gefunden, nachdem seine Brauchbarkeit auch in kompensierten Netzen durch die Praxis bewiesen war [13], [21]. Die Möglichkeit, den preiswürdigen Rohrableiter an allen Stellen des Mittelspannungsnetzes, die durch Gewitterüberspannung gefährdet sind, als Sicherheitsventil gegen Überspannungen einbauen zu können, gestattet eine Abkehr von dem bisher in Deutschland vertretenen Grundsatz bestmöglicher Isolation als Gewitterschutz. Um Irrtümern vorzubeugen, muß hier betont werden, daß die untere Grenze der Isolationshöhe, vor allem in Stationen, durch die Gefahr von Betriebsstörungen außerhalb der Gewitterzeit infolge starker Verschmutzung bestimmt wird; z. B. ist die Reihe 20 für Stationen mit 15 und 20 kV Betriebsspannung erforderlich. Eisenmasten im Zuge von Holzmastleitungen ohne Erdseil und mit hoher Holzisolation zwischen den Querträgern sind mit kleinen Isolatoren und Rohrableitern gewitterfester als mit den größten, in Mittelspannungsnetzen üblichen Isolatoren. Diese Erfahrung ist für Post- und Bahnkreuzungsmasten besonders wichtig. Auf die große Aufgabe der Rohrableiter im Zuge von Holzmastleitungen ist in den Fachzeitschriften wiederholt hingewiesen [9], [12], [13], [16], [17]. Die gleichfalls ständig vorgeschlagene Verwendung der Rohrableiter auf einigen Holzmasten vor jeder Station, in der Überspannungsableiter mit spannungsabhängigem Widerstand aufgehängt sind, also das Verwenden der Rohrableiter als Grobschutz [16], [17], erscheint unnötig. Die bisherigen mehrjährigen Betriebserfahrungen mit Rohrableitern als Stationsschutz, u. a. auch in dem betrachteten Mittelspannungsnetz, haben gezeigt, daß man auch mit diesem Grobschutz allein auskommen kann. Über die gute Schutzwirkung der in 1253 Ortsnetz-Hausstationen eingebauten Rohrableiter und über die geringen Ausfälle

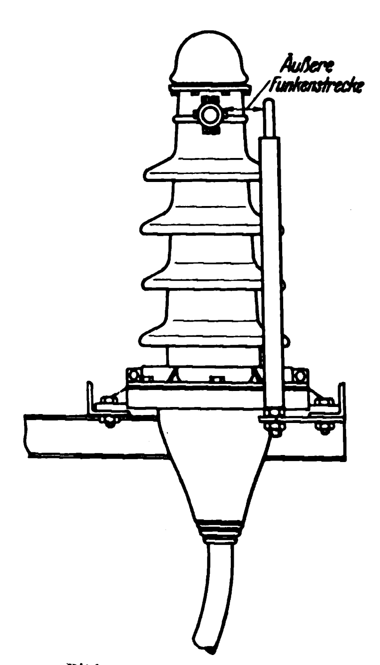


Bild 5. Rohrableiter am Kabelendverschluß im Freien.

wurde an anderer Stelle ausführlich berichtet [21]. Auch im Freien aufgestellte Rohrableiter sind in dem Mittelspannungsnetz seit Jahren versuchsweise in Betrieb; hiermit sind zur Zeit 25 Maststationen geschützt. Ferner sind an 24 Kabelaufführungsmasten Rohrableiter in der im Bild 5 gezeigten einfachen Weise zum Schutz der Kabelendverschlüsse angeordnet. Gewitterschäden wurden an diesen Endverschlüssen und in den dahinter liegenden Stationen noch nicht beobachtet.

Einige Mittelspannungsleitungen ohne Erdseil mit holzisolierten Querträgern wurden seit mehreren Jahren auf allen Eisenmasten versuchsweise mit Rohrableitern ausgerüstet. Dabei wurden Rohrableiter verschiedener Bauart geprüft. Die Versuche haben bestätigt, daß Mittelspannungsleitungen mit holzisolierten Querträgern und mit Eisenmasten, die mit geeigneten Überspannungsschutzeinrichtungen ausgerüstet sind, gewitterfest sind. An solchen Leitungen treten durch Gewitter weder Schalterauslösungen noch Störungen, weder Isolatoren- noch Seilschäden auf.

Die Versuche haben aber auch gezeigt, daß die weitgehende Verwendung der Rohrableiter auf Eisenmasten nicht nur von ihrer bewährten Betriebssicherheit und ihrer geringen Abnutzung, sondern vor allem auch von ihrer zweckmäßigen Gestaltung als einfaches, billiges und sich gut einfügendes Bauelement der Freileitung abhängt. Während die erstgenannten Bedingungen als gegeben bezeichnet werden können [20], [21], ist eine befriedigende Bauform noch nicht bekanntgeworden. Anzustreben ist ein betriebssicherer Rohrableiter, dessen schützender Porzellankörper gleichzeitig zum Abspannen der Leitung dient, wie schon von anderer Seite mehrfach vorgeschlagen wurde.

Zusammenfassung

Die wirtschaftlich erreichbaren Erdungswiderstände, ein oder mehrere Erdseile über den Phasenseilen und große, lichtbogensichere Isolatoren sind auf Mittelspannungsleitungen häufig unwirksame Mittel zur Verhinderung von Gewitterschäden. Umfangreiche Untersuchungen an Mastkopfanordnungen und an den darauf bei Gewitter vorgekommenen Isolatorschäden bestätigen die bekannte Bedeutung der Holzisolation, insbesondere zwischen den Querträgern. Die Holzstrecke soll möglichst 40 cm lang sein. Das Entstehen hoher Überspannungen in den Leiterseilen kann nicht verhindert werden. Deshalb müssen alle Stellen im Zuge von Holzmastleitungen, an denen die Isolatorenstützen metallisch verbunden, zum Teil auch geerdet sind, mit Ableitern geschützt werden (Eisenmasten, Stationen, Streckenschalter). Hierzu eignen sich die einfachen und billigen Rohrableiter auch in den deutschen Netzen mit Erdschlußkompensation. Die bisher bekannten Ausführungsformen der Rohrableiter für Mittelspannungs-Freileitungen müssen noch verbessert werden.

Aus dem Schrifttum

über Gewittersicherheit von Mittelspannungsleitungen und Vorschläge über Schutzmaßnahmen in zeitlicher Reihenfolge

[1] Harald Müller, Zur Frage des elektrischen Sicherheitsgrades in Mittelspannungsleitungen. ETZ 54 (1933) S. 225.
[2] D. Müller-Hillebrand, Gewitterstörungen in Mittelspannungsnetzen nach statistischen Ermittlungen. ETZ 55 (1934) S. 133.
[3] D. Müller-Hillebrand, Die neuzeitliche Entwicklung von Überspannungsschutzgeräten in Hochspannungsanlagen. ETZ 55 (1934) S. 733.
[4] Harald Müller, Vorschläge zur Beobachtung der Gewitterstörungen. ETZ 56 (1935) S. 577.
[5] Ergebnis der Umfrage der VDEW über „Bewährung von Überspannungsschutzeinrichtungen in Mittelspannungsanlagen bis 30 kV Betriebsspannung". Elektrizitätswirtsch. 34 (1935) S. 381.
[6] V. Aigner, Induzierte Blitzüberspannungen und ihre Beziehung zum rückwärtigen Überschlag. ETZ 56 (1935) S. 497.
[7] H. Grünewald, Gewittergefährdung und Gewitterschutz von Freileitungsanlagen. Elektrizitätswirtsch. 34 (1935) S. 454.
[8] A. Matthias, Stoßkennlinien von Hochspannungsisolatoren verschiedener Bauart. Elektrizitätswirtsch. 35 (1936) S. 103.
[9] Bericht über die Tagung der internationalen Hochspannungskonferenz in Paris 1935. Gruppenberichter A. Matthias. ETZ 57 (1936) S. 202.
[10] O. Kautzmann, Erfahrungen über Gewittereinflüsse in Mittelspannungsnetzen und Auswirkung ergriffener Maßnahmen. ETZ 57 (1936) S. 387.
[11] H. Grünewald, Erdseile bei Freileitungen und ihre Erdung. ETZ 57 (1936) S. 1373.
[11a] B. v. Borries, Die Bewährung der Überspannungsableiter im Elektrizitätswerksbetrieb. ETZ 58 (1937) S. 493.
[12] V. Aigner, Über den Sicherheitsgrad von Hochspannungsanlagen. ETZ 58 (1937) S. 1257.
[13] P. Altbürger, Selbstlöschende Funkenstrecken zur Vermeidung von Gewitterüberschlägen in Stationen. Elektrizitätswirtsch. 37 (1938) S. 463.
[14] Stoßspannungsfestigkeit von Holz in Freileitungsmasten. ETZ 59 (1938) S. 991.
[15] H. Norinder, Indirekte Blitzüberspannungen auf Kraftleitungen. ETZ 59 (1938) S. 105.
[16] R. Foitzik, Löschrohrableiter und ihre Anwendungsmöglichkeiten. ETZ 60 (1939) S. 268.
[17] G. Frühauf, Hartgasableiter als Überspannungsschutz. Elektrizitätswirtsch. 38 (1939) S. 480.
[18] W. Estorff, Die Bemessung der Isolatoren elektrischer Hochspannungsanlagen. ETZ 60 (1939) S. 825.
[19] W. Kruse, Betriebserfahrungen mit Überspannungsableitern. ETZ 60 (1939) S. 1417.
[20] Rohrableiter für Übertragungsleitungen. Auszug aus einem amerikanischen Bericht über 8jährige Erfahrungen mit Rohrableitern für 12 bis 230 kV. ETZ 61 (1940) S. 1058.
[21] K. Wesche, Betriebserfahrungen mit Überspannungs-Schutzröhren in Hausstationen eines kompensierten Mittelspannungsnetzes. Elektrizitätswirtsch. 40 (1941) S. 132.

Eine einfache Einrichtung zum Bestimmen der Phasenverschiebung bei Leistungsmessungen

Von K. Heinrich, Kiel

DK 621.317.37/.38

Übersicht. Eine einfache Einrichtung wird beschrieben, die ohne Schwierigkeit an jedem Leistungsmesser anzubringen ist und die sofort neben der zu errechnenden Größe der Phasenverschiebung auch angibt, ob Nach- oder Voreilung vorliegt.

In zahlreichen Fällen ist in Wechselstromnetzen die Art des Verbrauchers nicht nur nicht bekannt, sondern sogar zwischen induktiver, rein ohmscher und kapazitiver Belastung wechselnd. Eine ein Netz mit beliebigen Verbrauchern beliefernde Zentrale ist schon ein Beispiel hierfür. Daher erscheint es vorteilhaft, eine einfache Vorrichtung zu beschreiben, mit deren Hilfe die Art der vorliegenden Phasenverschiebung ohne weiteres festgestellt werden kann.

In Bild 1 ist die grundsätzliche Anordnung eines Leistungsmessers dargestellt, der die einem unbekannten Verbraucher zugeführte Leistung messen soll. Die Stromspule des Leistungsmessers liegt an den Klemmen a und b und hat den Selbstinduktionskoeffizienten L und den ohmschen Widerstand R. Parallel zur Stromspule liegt

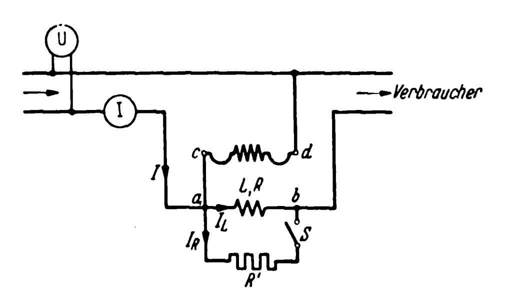


Bild 1. Grundsätzliches Schaltbild eines Leistungszeigers mit zusätzlichem Parallelwiderstand.



an den Klemmen a und b über einen Schalter S ein ohmscher Widerstand R'. Die Spannungsspule liegt durch die Klemmen c und d am Netz. Mit der Stromspule in Reihe liegt der Strommesser I, parallel zur Spannungsspule liegt der Spannungsmesser U. Wandler und Vorwiderstände wurden weggelassen. Zunächst sei angenommen, daß der unbekannte Verbraucher als induktive Belastung wirke. Der Leistungsmesser gibt dann die Leistung

$$N = U\,I \cos\varphi$$

durch einen bestimmten Ausschlag A an.

Wird nun der ohmsche Widerstand R' angeschaltet, so teilt sich dadurch der Strom I in die Zweige I_L und I_R. Der Teil I_L durchfließt die Stromspule und muß, wie das aus dem Diagramm Bild 2 zu ersehen ist, um einen Winkel α hinter I hereilen. Da nun der Ausschlag des Leistungsmessers nur von dem die Stromspule durchfließenden Strome I_L bedingt ist, der gegen den Strom I um α und damit der Spannung U um $(\varphi + \alpha)$ nacheilt, muß nunmehr der Leistungsmesser die Leistung anzeigen:

$$N' = U\,I_L \cos(\varphi + \alpha)\,.$$

Da $I_L < I$ und $\cos(\varphi + \alpha) < \cos\varphi$ ist, so folgt

$$N' < N,$$

das bedeutet aber, daß der ehemalige Ausschlag A nach Einschalten des ohmschen Widerstandes R' zurückgehen muß. Die Tatsache des Zurückgehens hat mit der Größe des ohmschen Widerstandes R' nichts zu tun; dieser Widerstand beeinflußt nur die Größe des Zurückgehens.

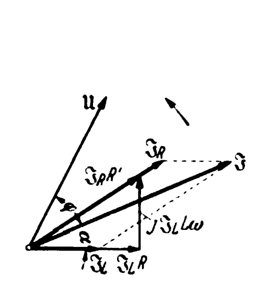


Bild 2. Strahldiagramm für induktive Belastung ($\varphi < 90°$).

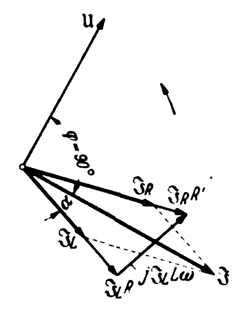


Bild 3. Strahldiagramm für induktive Belastung ($\varphi = 90°$).

Wird die induktive Phasenverschiebung $\varphi = 90°$, so tritt ohne Parallelwiderstand R' überhaupt kein Ausschlag auf. Sobald der Parallelwiderstand R' aber angelegt wird, entstehen Verhältnisse, wie sie Bild 3 zeigt. Die Verschiebung $(\varphi + \alpha)$ des Stromes I gegen die Spannung U wird größer als $90°$, d. h. der Leistungsmesser schlägt entgegen der normalen Ausschlagrichtung aus; der Ausschlag liegt jenseits vom Skalenanfang im ungeteilten Skalenbereich.

Tritt durch den Verbraucher kapazitive Belastung auf, so wird ohne parallelgeschalteten Widerstand R' die Leistung gemessen:

$$N = U\,I \cos\varphi\,.$$

Liegt der Widerstand R' parallel, so muß genau wie bei induktiver Belastung der Spulenstrom I_L dem Strome I um einen Winkel α nacheilen. Da nunmehr aber die Spannung U dem Strome I um den Winkel φ nacheilt, muß sie dem Spulenstrome I_L um den Winkel $(\varphi - \alpha)$ nacheilen. Dabei wird die Leistung angezeigt

$$N'' = U\,I_L \cos(\varphi - \alpha)\,.$$

Man sieht, daß die kleiner gewordene Phasenverschiebung eine Leistungs- und damit auch eine Ausschlagvergrößerung bedingen muß. Anderseits wird aber der Spulenstrom I_L, wie das Diagramm Bild 4 zeigt, kleiner. Dann können folgende Fälle eintreten:

1. Die Abnahme von I auf I_L überwiegt gegen die Zunahme von $\cos\varphi$ auf $\cos(\varphi - \alpha)$. Dann tritt eine Leistungsverminderung ein, der Ausschlag geht zurück.
2. Die Abnahme von I auf I_L gleicht die Zunahme von $\cos\varphi$ auf $\cos(\varphi - \alpha)$ gerade aus. In diesem Falle tritt keine Leistungs- und Ausschlagänderung ein.
3. Die Abnahme von I auf I_L wirkt geringer als die Zunahme von $\cos\varphi$ auf $\cos(\varphi - \alpha)$. Die Leistung nimmt zu, der Ausschlag wird größer.

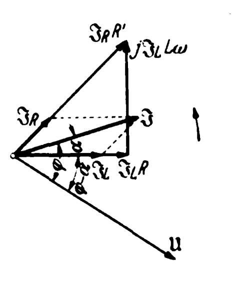


Bild 4. Strahldiagramm für kapazitive Belastung ($\varphi < 90°$).

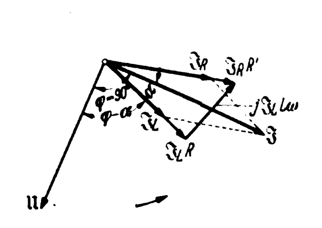


Bild 5. Strahldiagramm für kapazitive Belastung ($\varphi = 90°$).

Da eine Ausschlagverminderung nun aber das Kennzeichen für Phasennacheilung ist, muß Fall 1. hier vermieden werden. Das kann nur dadurch geschehen, daß der Teilstrom I_R klein, der ohmsche Widerstand R' also groß gewählt wird. Dann kann nach Anlegen des Parallelwiderstandes R' entweder keine Ausschlagänderung oder eine Ausschlagzunahme eintreten. Man erkennt leicht, daß mit zunehmender Phasenverschiebung φ das Erkennen der kapazitiven Verschiebung immer eindeutiger wird. Tritt eine Verschiebung von $90°$ auf, so zeigen sich Verhältnisse wie in Bild 5. Da die Verschiebung $(\varphi - \alpha)$ des Stromes I_L nach Anlegen des Parallelwiderstandes R' kleiner als $90°$ ist, so tritt nunmehr eine Leistung und damit ein Ausschlag im geteilten Bereich der Skala auf.

Somit ergibt sich: Geht nach Anlegen des Parallelwiderstandes R' der Ausschlag eines Leistungsmessers zurück oder kommt bei $90°$ Phasenverschiebung ein negativer Ausschlag zustande, so liegt induktive Belastung vor. Bleibt nach Anlegen des Parallelwiderstandes R' der Ausschlag unverändert oder wird er größer oder kommt bei $90°$ Phasenverschiebung ein positiver Ausschlag zustande, so liegt kapazitive Belastung vor.

Die hier beschriebene Einrichtung wird aber wohl ausschließlich bei Phasenverschiebung von $90°$ seit längerer Zeit auf einigen Prüffeldern für Relais und ähnliche Geräte angewendet. Der Parallelwiderstand R' wird in einfacher Weise dadurch geschaffen, daß der Eicher die Stromklemmen des Leistungszeigers mit einem Schraubenzieher (!) überbrückt.

Zusammenfassung

Legt man parallel zu den Stromklemmen eines Leistungsmessers einen ohmschen Widerstand, so wird der die Stromspule durchfließende Strom nur noch ein Teilstrom des Stromes sein, der ohne parallelgeschalteten Widerstand die Stromspule durchfließt. Der andere Teilstrom fließt durch den Widerstandskreis. Diagramme zeigen, daß der die Stromspule durchfließende Teilstrom gegenüber dem Gesamtstrom, der ohne Parallelwiderstand allein die Stromspule durchfließt, um einen gewissen Betrag nacheilt. Diese erzwungene Nacheilung wird benutzt, um die Art der Phasenverschiebung erkennen zu können. An Strahldiagrammen wird nachgewiesen, daß

eben durch die erzwungene Phasenverschiebung des Gesamtstromes gegenüber dem Spulenstrom ein Beeinflussen des Ausschlagswertes des Leistungszeigers eintritt. Liegt Phasennacheilung zwischen der Netzspannung und dem Netzstrom (Gesamtstrom) vor, so tritt nach Anlegen des Parallelwiderstandes ein verminderter Ausschlag auf, während bei kapazitiver Belastung, also Phasenvoreilung, entweder keine Änderung oder eine Ausschlagszunahme auftritt. Die Betrachtungen wurden auch auf die Phasenverschiebung von 90° ausgedehnt.

Die Wärmewirkung der Schalt- und Stoßströme

Von **A. Avramescu VDE**, Bukarest

DK 621.3.014.33+.017.7

Übersicht. Für Zeitfunktionen, die den Verlauf der Schalt- und Stoßströme passend beschreiben, werden entsprechende Wärmewirkungsfunktionen berechnet und graphisch dargestellt. Mit Hilfe der Abbildungen läßt sich die Wärmewirkung schnellablaufender Ströme leicht ermitteln.

In Starkstromanlagen können infolge von Schaltvorgängen, atmosphärischen Störungen oder anderen Ursachen auftretende Ströme Wärmewirkungen hervorrufen, die für die Betriebssicherheit der Anlagen unzulässig sind. Der rasche Ablauf der meisten elektrischen Ausgleichsvorgänge erschwert oft das genaue Verfolgen der Auswirkungen, deren Ausmaß in Einzelheiten erkannt werden muß. Die Vorausbestimmung der Wärmewirkungen, die sowohl für den Betrieb als auch für die konstruktive Durchbildung der Anlagen sehr wichtig ist, kann entweder experimentell oder rechnerisch durchgeführt werden. Die erste Möglichkeit bleibt großen Laboratorien vorbehalten; auch dort wird die Nachrechnung der Ergebnisse gute Dienste leisten. Seitdem es durch oszillographische Verfahren gelungen ist, den Stromverlauf auch bei schnell verlaufenden Vorgängen in allen Einzelheiten festzuhalten, kann die Wärmeerzeugung der Schalt- und Stoßströme auf Grund des Jouleschen Gesetzes ohne Schwierigkeiten ermittelt werden. Nachdem die theoretischen Grundlagen der Berechnung vom Verfasser schon an anderer Stelle angegeben wurden[1]), soll im folgenden versucht werden, einige Ergebnisse graphisch auszuwerten, um daran zu zeigen, wie man die sonst notwendige Rechenarbeit ersparen kann.

Wegen der Frage, wie sich die Leiterstoffe der Strombahn bei gegebener Wärmeerzeugung verhalten, welche Wärmemenge durch Abkühlen abgeführt wird u. a., verweisen wir auf das einschlägige Schrifttum[2]).

Berechnungsgrundlagen und Darstellungsform

Bekanntlich hängt die Wärmeerzeugung in der Strombahn von dem Integral ab:

$$S = \int_0^t i_a^2 \,\mathrm{d}t \quad [\mathrm{A^2 s/mm^4}], \tag{1}$$

wo i_a die auf den Anfangsquerschnitt bezogene Stromdichte in A/mm² und t die Zeit in s ist[3]). Da der Querschnitt vor dem Erwärmen unverändert bleibt, so hat die Stromdichte, abgesehen von einem konstanten Faktor, denselben Verlauf wie der Strom selbst, der aus oszillographischen Aufnahmen bekannt ist. Also ergeben sich zwei Wege für die Auswertung. Entweder man ermittelt die Wärmewirkung aus dem aufgenommenen Verlauf durch graphische Integration mit Planimetrieren, oder man ersetzt den Stromverlauf durch einen geeigneten Ausdruck, etwa von der Form $I = I_0 f(t)$, wo I_0 ein konstanter Stromwert und $f(t)$ die dimensionslose Zeitfunktion ist, und sucht rechnerisch die Wirkungsfunktion der letzteren:

$$\varphi(t) = \int_0^t f^2(t)\,\mathrm{d}t \quad [\mathrm{s}]. \tag{2}$$

Man kann für viele praktisch vorkommende Fälle die entsprechende φ-Funktion berechnen und damit die Auswertung wesentlich erleichtern. Der Gesamtstrom kann oft in Komponenten zerlegt werden, die einfachen Gesetzen gehorchen, wie z. B. Ausgleichstrom und Betriebsstrom. Beim Ermitteln der Gesamtwirkung aus der Wärmewirkung der einzelnen Komponenten ist Vorsicht geboten, da erstere nicht einfach die Summe der Einzelwirkungen ist. Ist etwa in Gl. (2) $f = f_1 + f_2$, dann ist

$$\varphi = \int_0^t (f_1^2 + f_2^2 + 2 f_1 f_2)\,\mathrm{d}t = \varphi_1 + \varphi_2 + 2\,\psi_{12}, \tag{3}$$

wobei das Integral

$$\psi_{12} = \int_0 f_1 f_2 \,\mathrm{d}t$$

noch jedesmal zu ermitteln ist. Wenn eine der Komponenten den zeitlich konstanten Wert A besitzt, was oft vorkommt, so wird das letzte Integral einfacher:

$$\psi_{12} = A \int_0^t f_1 \,\mathrm{d}t = A\,\psi_1. \tag{4}$$

Im folgenden wird für mehrere Zeitfunktionen f, die den Verlauf der Schalt- und Stoßströme beschreiben, sowohl die Wärmewirkungsfunktion φ als auch die Hilfsfunktion ψ angegeben, um mit Hilfe von Gl. (3) die Ermittlung der Gesamtwärmewirkung zu erleichtern.

Für die graphische Darstellung der φ- und ψ-Funktionen hat sich als zweckmäßig erwiesen, diese mit den entsprechenden Funktionen des Einheitsstoßes in Vergleich zu bringen. Diese sind $f_1 = 1$ für $t > 0$ ($f_1 = 0$ für $t < 0$), weiter $\varphi_1 = t$ und $\psi_1 = t$, was aus den Bestimmungsgleichungen (2) und (4) eindeutig hervorgeht. Es ist zweckmäßig, die Ausdrücke φ/φ_1 und ψ/ψ_1 zur Darstellung zu bringen, was folgende Vorteile bietet: Diese Ausdrücke sind dimensionslos (demgegenüber haben φ und ψ die Dimension einer Zeit); die Zeitkonstanten des Vorganges scheiden als Parameter aus, Kurvenscharen werden durch einzelne Kurven ersetzt, und der Ausdruck φ/φ_1 hat in fast allen Fällen einen Verlauf, der an den Stromverlauf f selbst erinnert (vgl. Bild 5).

Funktionsverlauf bei Schaltströmen

Bei allen Schaltvorgängen in Gleich- und Wechselstromkreisen spielt die Exponentialfunktion eine besonders wichtige Rolle. Sie beschreibt im allgemeinen den freien Ausgleichvorgang und kann entweder rein aperiodisch oder in Verbindung mit einer harmonischen Schwingung auftreten. In zahlreichen Beispielen der Stark- und Schwachstromtechnik läßt sich der Stromverlauf auf diese Funktion zurückführen.

---

[1]) A. Avramescu, Arch. Elektrotechn. 35 (1941) S. 344.
[2]) Vgl. das Schrifttum in A. Avramescu, Diss. T. H. Dresden (1937).
[3]) A. Avramescu, ETZ 59 (1938) S. 985.

a. Einfache Exponentialfunktion als Stromverlauf

Betrachten wir zunächst die einfache ansteigende und abnehmende Exponentialfunktion als Zeitfunktion des Stromes und setzen:

$$f_2 = e^{\lambda t} \text{ und } f_3 = e^{-\lambda t}, \qquad (5)$$

worin $1/\lambda$ die Zeitkonstante des Vorganges ist, so ergeben sich aus den Integrationen (4) und (2) im Vergleich mit dem Einheitsstoß folgende Ausdrücke:

$$\frac{\psi_2}{\psi_1} = \frac{1}{\lambda t}\left(e^{\lambda t} - 1\right) \quad \text{und} \quad \frac{\psi_3}{\psi_1} = \frac{1}{\lambda t}\left(1 - e^{-\lambda t}\right), \qquad (6)$$

$$\frac{\varphi_2}{\varphi_1} = \frac{1}{2\lambda t}\left(e^{2\lambda t} - 1\right) \quad \text{und} \quad \frac{\varphi_3}{\varphi_1} = \frac{1}{2\lambda t}\left(1 - e^{-2\lambda t}\right). \qquad (7)$$

Der Verlauf der Wirkungsfunktion ist in Bild 1 und 2 in Exponentialteilung über den Zeitkonstanteneinheiten λt dargestellt. Außerdem sind noch zwei Hilfsfunktionen eingetragen, die für große Werte des Argumentes den eigentlichen Funktionswerten asymptotisch zustreben. Ablesung und Deutung der Ergebnisse soll an einem Beispiel erläutert werden.

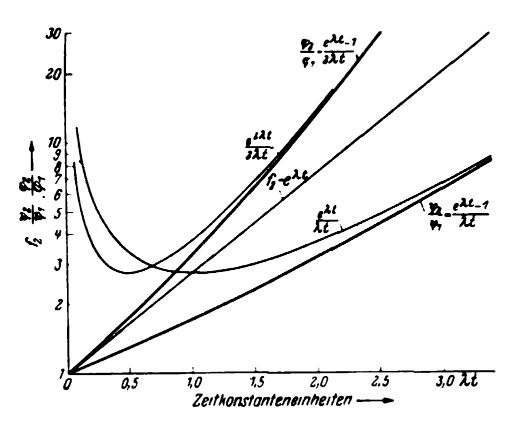


Bild 1. Ansteigende Exponentialfunktion und entsprechende Wärmewirkung.

Beispiel 1. Die Wärmewirkung des Einschaltstromes einer offenen Kabelstrecke von etwa 10 km Länge, die eine Kapazität von 2 µF bei einem Widerstand von 5 Ω je Leiter besitzt, soll ermittelt werden. Der Ladestrom setzt bei vernachlässigbarer Selbstinduktion bekanntlich mit solcher Stärke ein, als ob die Kapazität kurzgeschlossen wäre, und klingt nach einer Exponentialfunktion f_3 ab. Die Zeitkonstante ist $1/\lambda = 2 \cdot 10^{-6} \cdot 5 = 10$ µs, also sehr klein. Der Vorgang läuft so schnell ab, daß in 2,5 Zeitkonstanteneinheiten (25 µs) der Strom praktisch verschwindet. Aus Bild 2 liest man für 1 und 2,5 Zeitkonstanteneinheiten λt eine Wärmewirkung ab, die 43 % und 20 % der entsprechenden Wirkung des konstanten Gleichstromes vom Betrage des Anfangswertes ist. Wenn die Speisespannung 5000 V wäre, so entsteht ein Stoßstrom von $I_0 = 5000/5 = 1000$ A. Nach 10 µs ist die Wärmewirkung $W = 0{,}43 \cdot 1000^2 \cdot 5 \cdot 10 \cdot 10^{-6} = 21{,}5$ Joule, nach 25 µs $W_{25} = 0{,}2 \cdot 1000^2 \cdot 5 \cdot 25 \cdot 10^{-6} = 62{,}5$ Joule.

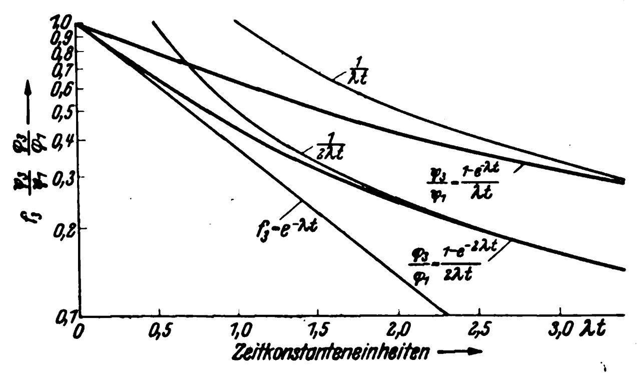


Bild 2. Abklingende Exponentialfunktion und entsprechende Wärmewirkung.

b. Besondere Einschaltvorgänge

Bei vielen Einschaltvorgängen entsteht der Strom nach der Zeitfunktion $f_4 = 1 - e^{-\lambda t}$, deren Auswertung mit Hilfe von Gl. (3) und Bild 2 erleichtert wird. Wir haben

$$\varphi_4 = \varphi_1 + \varphi_3 - 2\,\psi_3 \quad \text{und} \quad \frac{\varphi_4}{\varphi_1} = 1 + \frac{\varphi_3}{\varphi_1} - 2\,\frac{\psi_3}{\psi_1} \qquad (8)$$

und können die Werte aus Bild 3 sofort ablesen.

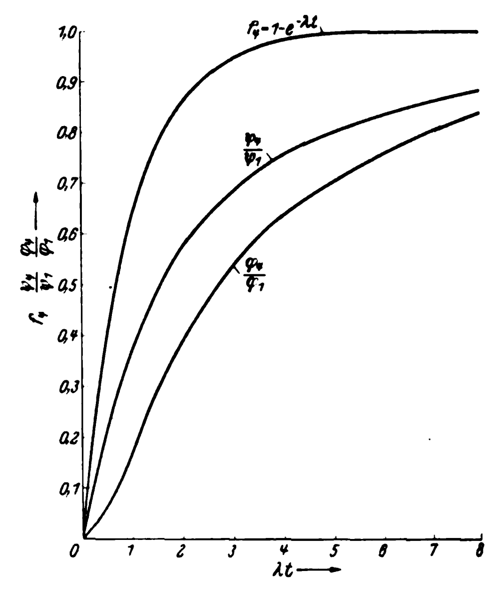


Bild 3. Einschaltstromverlauf und Wärmewirkung.

Beispiel 2. Wenn eine Selbstinduktion an eine Gleichspannungsquelle angeschlossen wird, so steigt der Strom nach der Zeitfunktion f_4 an. Nach Ablauf einer Zeitkonstante $1/\lambda = L/R$ beträgt der Strom 63,2 %, nach zwei Zeitkonstanten 86,5 % des Endwertes. Die Wärmewirkung ist nur 17 bzw. 39 % der entsprechenden Wirkung des Endstromes.

Diese Funktionen spielen auch in der Wechselstromtechnik eine Rolle, da bei vielen Schaltvorgängen sich die Scheitelwerte nach Exponentialfunktionen ändern. Wenn es sich um Zeiten handelt, die etwa zehn Perioden übertreffen, so rechnet man zweckmäßig mit der effektiven Stromstärke.

Funktionen bei Stoß- und Blitzströmen

Bei Überspannungen, Resonanzerscheinungen und atmosphärischen Einwirkungen entstehen im allgemeinen Ströme, denen ein schneller Anstieg von 3 bis 30 kA/µs, hohe Scheitelwerte bis zu 100 kA und kurze Dauer von 10 bis 200 µs eigen sind. Lange Zeit konnte der tatsächliche Verlauf dieser Ströme nicht genau erkannt werden, obwohl die Bestimmung in einfachen Fällen mit Hilfe der Rechnung möglich war. Nach Einführen des Kathodenstrahloszillographen wurden auch Vorgänge kürzester Dauer graphisch festgehalten, womit über den Verlauf der Stoß- und Blitzströme ein klares Bild gewonnen werden konnte[4]). Als Ergebnis vorheriger Untersuchungen geben die Leitsätze VDE 0450 und VDE 0675 Auskunft über die Herstellung genormter Stoßwellen, deren Art einheitlich festgelegt wird.

[4]) Vgl. Harald Müller, ETZ 57 (1936) S. 415.



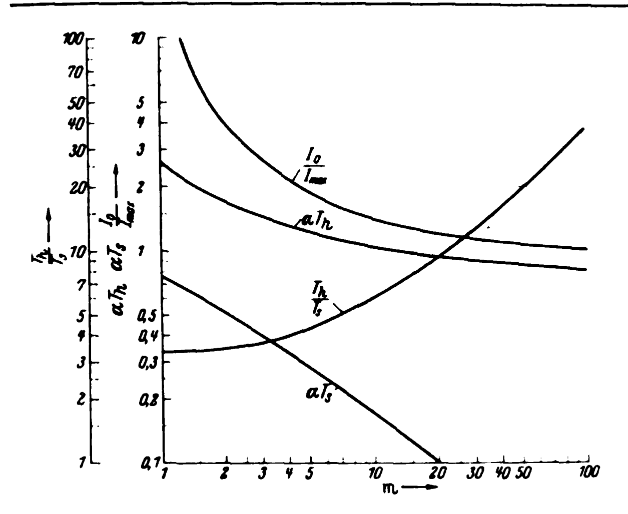


Bild 4. Ermitteln der Stoßstromzeitkonstanten nach Gleichung (9) aus Stirnzeit und Halbwertdauer.

a. Stromverlauf nach zwei Exponentialfunktionen

Mathematisch läßt sich der Verlauf der Stoß- und Blitzströme durch zwei Exponentialfunktionen beschreiben, deren Vorzeichen und Zeitkonstanten verschieden sind:

$$f_5 = e^{-\alpha t} - e^{-\beta t}. \quad (9)$$

Wir führen zweckmäßig, da $\beta > \alpha$ ist, das Verhältnis der beiden Zeitkonstanten $m = \beta/\alpha$ ein und bemerken, daß die erste e-Funktion den Rücken, die zweite den Anstieg der Stoßwelle bestimmt[5]). Will man für den tatsächlichen, mit Oszillographen aufgenommenen Stromverlauf die entsprechende f_5-Funktion ermitteln, so sind die entsprechenden Werte α, m und I_0 zu suchen. Zu diesem Problem hat kürzlich W. Marguerre einen Beitrag geliefert[6]), wobei von der durch die Leitsätze VDE 0450 bestimmten Stirn- und Rückenhalbwertzeit T_s und T_r ausgegangen wurde. Im § 5 der VDE 0675 Leitsätze für Überspannungsschutzgeräte macht man für den Verlauf der Stromstärke von der Halbwertdauer T_h als Zeit der Überschreitung des halben Scheitelwertes Gebrauch, da diese für die Beschreibung des Stromverlaufes zweckmäßiger erscheint[7]). Es ist allerdings schwierig, für das T_h der Funktion f_5 einen eindeutigen mathematischen Ausdruck zu finden, aus dem man α und m ermitteln könnte. Die Zusammenhänge können aber mit genügender Genauigkeit graphisch festgestellt werden, und das ist in Bild 4 geschehen. Darin ist außer T_h/T_s, αT_h und αT_s noch I_0/I_{max} über m aufgetragen. Das letzte Verhältnis braucht man zum Bestimmen des konstanten Wertes I_0, mit dem man f_5 zu multiplizieren hat, um den wahren Scheitelwert I_{max} bei gegebener Stirnzeit und Halbwertdauer zu bekommen.

Nachdem so die Zurückführung des Stromverlaufes der Stoß- und Blitzströme auf die Grundform Gl. (9) leicht möglich ist, soll noch die Wärmewirkung dieser Funktion angegeben werden. Die Berechnung ist vom Verfasser ausführlich durchgeführt worden[1]) und ergibt im Verhältnis zum Einheitsstoß einen Verlauf, der aus Bild 5 hervorgeht. Um die Ähnlichkeit zwischen den f- und φ/φ_1-Kurven zu veranschaulichen, ist daselbst noch die f_5-Kurve für $m = 4$ eingetragen. Leider ist die Kurvenschar Bild 5 nicht mit einfachen Hilfsmitteln in eine Leitertafel überführbar, um das Ablesen der Zwischenwerte zu erleichtern. Die f_5-Kurve für $m = \infty$ ist nichts anderes als f_3, also geht φ_5/φ_1 in φ_3/φ_1 über (vgl. Bild 2).

Zu bemerken ist, daß die Wirkungsfunktionen ψ_5 und φ_5 selbst je einem von der Zeit unabhängigen Wert zu-

[5]) W. Peters, ETZ 58 (1937) S. 337, Abb. 4.
[6]) W. Marguerre, ETZ 60 (1939) S. 837.
[7]) D. Müller-Hillebrand, ETZ 58 (1937) S. 589

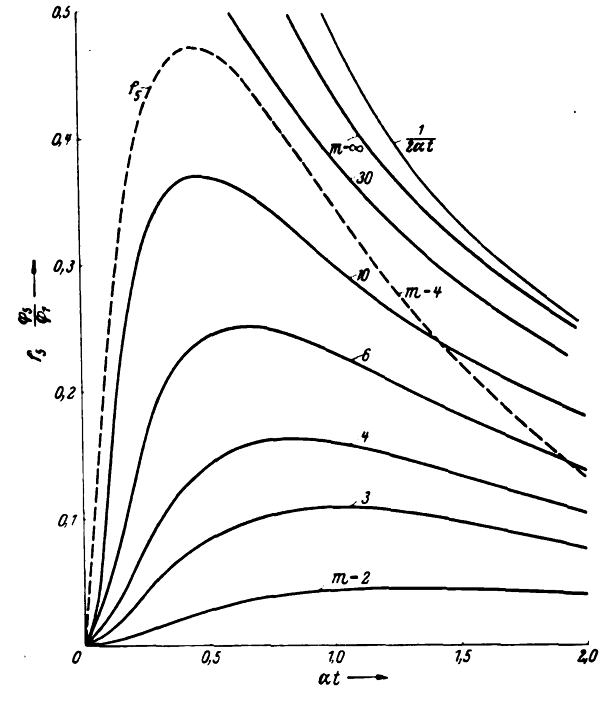


Bild 5. Normaler Blitzstromverlauf und entsprechende Wärmewirkung.

streben, der bei den meist rasch ablaufenden Vorgängen immer erreicht wird. Im Grenzfalle ergeben sich die Ausdrücke:

$$\psi_5 = \frac{1}{\alpha}\,\frac{m-1}{m} \text{ und } \varphi_5 = \frac{1}{2\alpha}\,\frac{(m-1)^2}{m(m+1)}, \quad (10)$$

von denen letzterer aus dem Nomogramm Bild 6 abzulesen ist[8]). Das Anwenden der Abbildungen soll an einem Beispiel dargelegt werden.

Beispiel 3. Aus Oszillogrammen sei ein Blitzstromverlauf gemäß Bild 6a der Arbeit Fußnote 4 festgestellt worden. Die Wärmewirkung zur Zeit des Scheitelwertes, nach Ablauf der Halbwertdauer und nach dem Abklingen des Vorganges ist zu ermitteln. Aus dem Oszillogramm entnimmt man folgende Werte: $T_s = 1{,}6\ \mu s$, $T_h = 5{,}9\ \mu s$ und $I_{max} = 50$ kA, also ist $T_h/T_s = 3{,}7$, wofür aus Bild 4 $m = 2{,}7$; $\alpha T_s = 0{,}42$; $\alpha T_h = 1{,}52$; schließlich $I_0/I_{max} = 2{,}9$ folgt. Also ist $1/\alpha = 3{,}8\ \mu s$ und $I_0 = 145$ kA. Aus Bild 5 liest man interpolierend für $m = 2{,}7$ zur Zeit des Scheitelwertes $t = 2{,}5\ \mu s$, d. h. $\alpha t = 0{,}67$ und der Halbwertdauer $t = 5{,}9\ \mu s$, d. h. $\alpha t = 1{,}55$, denselben Wert $\varphi_5/\varphi_1 = 0{,}08$ ab. Zu diesen Zeiten entwickelt also der wahre Strom 8 % der Wärmewirkung des konstanten Stromes $I_0 = 145$ kA, d. h. nach $2{,}5\ \mu s$ $W = 0{,}08 \cdot 145^2 \cdot 10^6 \cdot 2{,}5 \cdot 10^{-6} = 4200$ A²s, nach $5{,}9\ \mu s$ $W = 0{,}08 \cdot 145^2 \cdot 10^6 \cdot 5{,}9 \cdot 10^{-6} = 9900$ A²s. Nach dem Abklingen ergibt sich φ_5 aus dem Nomogramm zu $0{,}52\ \mu s$, also ist die Wärmewirkung $I_0^2\,\varphi_5 = 145^2 \cdot 10^6 \cdot 0{,}52 \cdot 10^{-6} = 10\,900$ A²s.

[8]) Ein Vergleich mit dem Einheitsstoß bringt hier keine Vorteile, da dadurch als Unabhängige die Zeit nochmals eingeführt wird.

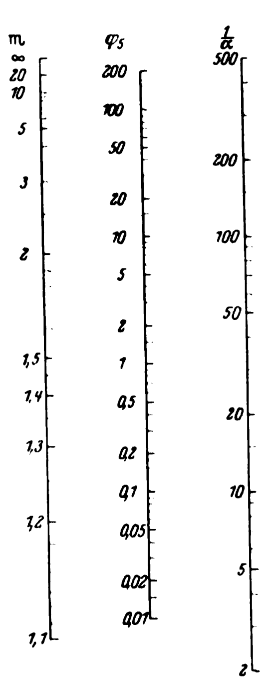


Bild 6. Nomogramm zum Ermitteln der Gesamtwärmewirkung von Stoß- und Blitzströmen.

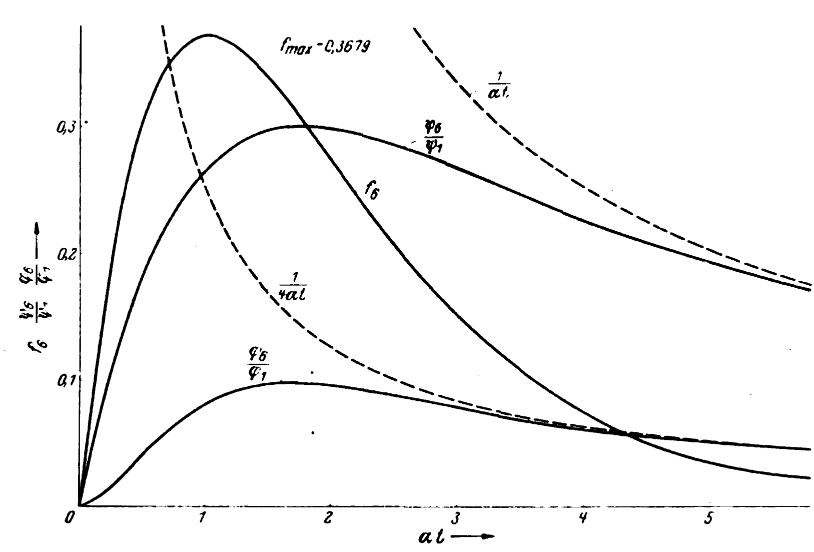


Bild 7. Stromverlauf bei Kondensatorentladungen im aperiodischen Grenzfall und entsprechende Wärmewirkung.

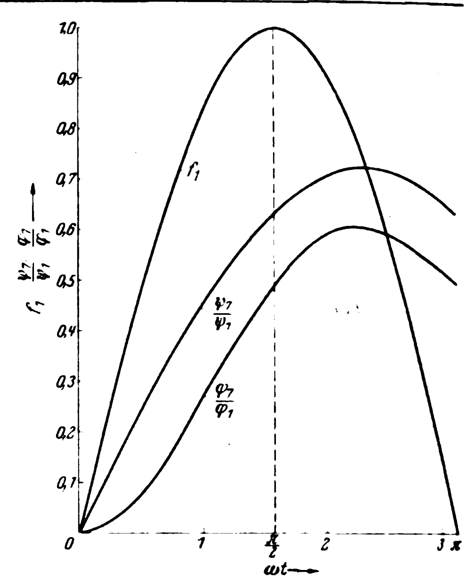


Bild 8. Wärmewirkung des Sinushalbwellenstromes.

b. Stromverlauf bei Kondensatorentladungen

Bei künstlich erzeugten Stromstößen kommt noch eine andere Stromfunktion vor, die einen ähnlichen Verlauf hat, und zwar

$$f_6 = \alpha t e^{-\alpha t}.$$

Dieser Stromverlauf entsteht bei Kondensatorentladungen, wenn Widerstand und Selbstinduktivität dem aperiodischen Grenzfall entsprechen[9]). Der Wert $1/\alpha$ hat die Rolle einer Zeitkonstanten wie bei der Funktion f_3. Für f_6 ist $I_0/I_{max} = 2{,}72$; $\alpha T_s = 0{,}712$ und $\alpha T_h = 2{,}44$. Die Wirkungsfunktionen sind:

$$\frac{\psi_6}{\psi_1} = \frac{1}{\alpha t}\left[1 - e^{-\alpha t}(\alpha t + 1)\right] \quad (12)$$

$$\frac{\varphi_6}{\varphi_1} = \frac{1}{4\alpha t}\left[1 - e^{-2\alpha t}(2\alpha^2 t^2 + 2\alpha t + 1)\right], \quad (13)$$

deren Verlauf aus Bild 7 wahrnehmbar ist[10]).

Beispiel 4. Der Stromverlauf entspreche Bild 4a der Arbeit Fußnote 9. Aus dem Oszillogramm entnimmt man die Werte: $I_{max} = 128$ kA; $T_h = 18{,}5$ µs. Sogleich folgt die Zeitkonstante $1/\alpha = 18{,}5/2{,}44 = 7{,}58$ µs und $I_0 = 2{,}72 \cdot 128 = 348$ kA. Zur Zeit des Scheitelwertes, also nach 7,58 µs, beträgt die Wärmewirkung 8,1 % der Wirkung des konstanten Stromes I_0. Um die Gesamtwirkung zu berechnen, bemerken wir, daß man f_6 bei $t = 28$ µs abbrechen muß, damit der Flächeninhalt (ψ) gleich dem des wahren Stromverlaufes ist. Für diese Zeit ist $\alpha t = 3{,}7$, und aus Bild 7 lesen wir $\varphi_6/\varphi_1 = 0{,}064$ ab, also ist die Gesamtwirkung $W = 0{,}064 \cdot 348^2 \cdot 10^6 \cdot 28 \cdot 10^{-6} = 215\,000$ A²s statt $W_0 = I_0/4\alpha t = 348^2 \cdot 10^6 \cdot 0{,}25 \cdot 7{,}58 \cdot 10^{-6} = 230\,000$ A²s. Immerhin würde ein Cu-Leiter von 2,5 mm² Querschnitt unter dieser Wirkung auf die Temperatur von etwa 250 °C kommen (vgl. Bild 3 der Arbeit Fußnote 3).

c. Stromverlauf bei Stoßprüfungen

Bei mancher Stoßprüfung entspricht der Stromverlauf nicht den oben behandelten Funktionen, sondern einer Sinushalbwelle[11]), die auch dann anwendbar ist, wenn wegen $T_h/T_s < 3{,}2$ die Funktion nach Gl. (9) nicht eingesetzt werden kann. Für $f_7 = \sin \omega t$ haben wir:

$$\frac{\psi_7}{\psi_1} = \frac{1 - \cos \omega t}{\omega t}, \quad (14)$$

$$\frac{\varphi_7}{\varphi_1} = \frac{1}{2}\left(1 - \frac{1}{2\omega t}\sin 2\omega t\right). \quad (15)$$

Für eine halbe Periode sind diese Funktionen in Bild 8 dargestellt, wo auch die asymptotischen Grenzwerte eingetragen sind. Nach dieser Zeit ist $\psi_7/\psi_1 = 2/\pi$ und $\varphi_7/\varphi_1 = 1/2$.

Beispiel 5. Betrachten wir den Stromverlauf nach Bild 3e der Arbeit Fußnote 11, der durch eine Sinushalbwelle ersetzbar ist, so lesen wir aus dem Oszillogramm die Werte $I_0 = I_{max} = 110$ kA und die Dauer der Halbperiode $t = \pi\,\omega = 22{,}5$ µs ab. Zur Zeit des Scheitelwertes ist $\varphi_7/\varphi_1 = 1/2$ und die Wirkung $W = 0{,}5 \cdot 110^2 \cdot 10^6 \cdot 11{,}25 \cdot 10^{-6} = 68\,000$ A²s, nach einer Halbperiode naturgemäß doppelt soviel.

Zusammenfassung

Um die Wärmewirkung schnell verlaufender Schalt- und Stoßströme zu ermitteln, sucht man zweckmäßig eine geeignete Zeitfunktion, die den aus oszillographischen Aufnahmen meist bekannten Stromverlauf passend beschreiben soll. Dann kann die Wärmewirkung durch zeitliche Integration des Stromquadrates gemäß dem Jouleschen Gesetz berechnet werden. Um diese Rechnung dem praktisch arbeitenden Ingenieur zu ersparen, wurden öfter vorkommende Fälle behandelt und Ergebnisse graphisch dargestellt. Für zusammengesetzte Funktionen wurden Sätze und Hilfsmittel angegeben, die praktisch schneller zum Ziel führen. Die Bilder sollen nicht nur ein leichtes Ablesen erlauben, sondern auch zum Veranschaulichen der zeitlichen Änderung der Wärmewirkung dienen. Die Temperaturerhöhung kann für bekannte Wärmewirkungen aus den Erwärmungskurven[12]) unschwer abgelesen werden.

[9]) R. Foitzik. ETZ 60 (1939) S. 89 u. 123.
[10]) Aus diesen Formeln ersieht man, daß der Vergleich mit dem Einheitsstoß notwendig ist, um die Darstellung einfacher zu gestalten. Die Funktionen Gl. (12) und (13) sind nur von αt, demgegenüber ψ_6 und φ_6 selbst von αt und von α abhängig.

[11]) W. Siemer, ETZ 62 (1941) H. 3, S. 45.
[12]) Wie Fußnote 3.

Regeln für elektrische Maschinen

VDE-Ausschuß für Maschinen

DK 621.313(083.133)

VDE 0530c/VI. 41

3. Änderung der ab 1. Januar 1930 gültigen Fassung.

Gültig ab 1. Juli 1941[1])

Abweichungen gegenüber dem in ETZ 62 (1941), H. 12, S. 313 veröffentlichten Entwurf.

§ 9

Spannungen

In Tafel I werden die genormten Betriebsspannungen 550 und 1100 V in 600 und 1200 V, ferner die Nennspannungen für Bahngeneratoren von 600 und 1200 V in 660 und 1320 V geändert.

§ 38

Wärmebeständigkeit der Isolierstoffe

Der bisherige Wortlaut in Tafel III, Klasse A, wird wie folgt ergänzt:

„Baumwolle, Zellwolle, Seide, Kunstseide, Papier und ähnliche Faserstoffe."

Der bisherige Wortlaut in Tafel III, Klasse B, wird wie folgt ergänzt:

„Glimmer-, Asbest-, Glaserzeugnisse und ähnliche mineralische Stoffe."

Die übrigen in der Entwurfsfassung enthaltenen Änderungen des § 38 werden gestrichen.

§ 39

Grenzwerte der Erwärmung

Die in der Entwurfsfassung enthaltenen Änderungen werden gestrichen.

§ 45

Anlauf

Der nach dem 1. Absatz neu einzuschiebende Absatz erhält folgenden Wortlaut:

„Wird bei Kurzschlußläufermotoren das Anlaufmoment bei verminderter Spannung gemessen, so ist es auf volle Spannung quadratisch umzurechnen. Der wirkliche Wert liegt dann über dem Umrechnungswert; er kann extrapoliert werden. Bei der Messung des Anzugsmomentes ist der Einfluß der Reibung zu berücksichtigen."

[1]) Genehmigt durch den Vorsitzenden des VDE im Juni 1941.

§ 50

Wicklungsprüfung

In dem Text unter Ziffer 3 des letzten Absatzes wird das Wort „Läuferspannung" durch „Läuferstillstandsspannung" ersetzt.

§ 52

Windungsprüfung

Im ersten Absatz fällt der Nebensatz: „. . . . . die durch die Sprungwellenprobe eingeleitet sind" fort.

§ 69

Erregungsfähigkeit

Der erste Satz erhält folgenden Wortlaut:

„Jeder Generator muß bei den Nennwerten von Drehzahl und Leistungsfaktor und bei 25% Stromüberlastung im betriebswarmen Zustand kurzzeitig Nennspannung an den Klemmen erzeugen können; hierbei gilt § 42."

§ 79

Schleuderprüfung

Die Anmerkung zu den waagerechten Spalten 5, 6 und 7 der Tafel X erhält folgenden Wortlaut:

„Sind auf dem Leistungsschild höhere betriebsmäßig zulässige Drehzahlen vermerkt (siehe § 82, Zu 6.), dann sind zur Berechnung der Schleuderdrehzahl diese Höchstdrehzahlen mit den in der senkrechten Spalte II angegebenen Faktoren zu vervielfachen."

In Tafel X wird in der waagerechten Spalte 2 hinter „Generatoren für Wasserturbinenantrieb" statt 1,8 × Nenndrehzahl gesetzt:

„Durchgangsdrehzahl der Turbine, mindestens jedoch 1,8 × Nenndrehzahl."

§ 82

Bemerkungen zu den Leistungsschild-Angaben

Der letzte Absatz unter „Zu 6." erhält folgende Fassung:

„Bei Motoren mit Reihenschlußverhalten und bei solchen Motoren, die betriebsmäßig auf höhere Drehzahlen als die Nenndrehzahl angetrieben werden können (z. B. Hebezeugmotoren), ist außer der Nenndrehzahl die höchstzulässige Drehzahl, bei Generatoren mit Wasserturbinenantrieb die Durchgangsdrehzahl der Turbine, in Klammern gesetzt, anzugeben, z. B. 1000 (1800)."

Ein neues Diagramm zur Bestimmung der Spannungsabfälle von Umspannern

DK 621.314.21.015.1

Die Ermittlung des Spannungsabfalles von Umspannern nach den üblichen Nomogrammen liefert bei gegebener Last Ablesewerte nur für bestimmte Leistungsfaktoren[1]). Für beliebige Belastungen müssen vorher die ohmschen und induktiven Spannungsabfälle umgerechnet werden. Auch die Interpolation zwischen den Ablesegraden für beliebige Werte des Leistungsfaktors ist unbequem. Die Aufstellung eines Nomogrammes für beliebige Phasenverschiebungen von + 90° bis — 90° ist aber ziemlich zeitraubend. Daher wird ein neues, allgemeingültiges Diagramm angegeben, das sich mit verhältnismäßig geringem Zeitaufwand aufstellen läßt. Es handelt sich dabei um die graphische Darstellung der vom Verfasser aus dem bekannten Spannungsvektordiagramm abgeleiteten Formel für den Gesamtspannungsabfall:

$$\left.\begin{aligned} \varepsilon &= \frac{U_1 - U_2}{U_1}\,100 = \\ &e_k\left[k_b \sin(\varphi+\alpha) + \frac{100}{e_k} - \sqrt{\left(\frac{100}{e_k}\right)^2 - k_b^2\cos^2(\varphi+\alpha)}\right]. \end{aligned}\right\} \quad (1)$$

Vernachlässigt ist nur der Einfluß des Magnetisierungsstromes.

[1]) G. Quilico, Elettrotecnica 27 (1940) S. 410; 5 S., 8 B.

Dabei ist

U_1, U_2 die Primär- bzw. Sekundärspannung,

e_k die Kurzschlußspannung, bezogen auf Vollast und Primärspannung,

k_b der Belastungsgrad gleich Laststrom/Vollaststrom,

φ der Phasenwinkel der Belastung, positiv für nacheilenden Strom, negativ für voreilenden Strom,

$$\alpha = \text{arc}\sin\frac{e_r}{e_k}, \quad (2)$$

worin e_r der ohmsche Spannungsabfall bei Vollast ist. Die Gleichung wird in zwei Teile zerlegt; man bezeichnet

$$a = u\,k_b \sin(\varphi+\alpha), \quad (3)$$

$$b = u\left(\frac{100}{e_k} - \sqrt{\left(\frac{100}{e_k}\right)^2 - k_b^2\cos^2(\varphi+\alpha)}\right), \quad (4)$$

so daß sich ergibt:

$$\varepsilon = \frac{a+b}{u}\,e_k. \quad (5)$$

Zur Konstruktion des Diagrammes (Bild 1) werden zunächst um den Punkt N in gleichmäßigen Abständen Halbkreise mit dem Halbmesser $u\,k_b$ geschlagen; man wählt am besten $u = 50$ bis 100 mm. Von der Senkrechten in N aus werden die Winkel nach rechts positiv, nach links negativ gerechnet. Durch den Punkt M, dessen Lage auf der Waagerechten durch N zweckmäßig gewählt werden kann, werden Kreisbögen mit dem Halbmesser $u\;100/e_k$ geschlagen; die Mittelpunkte N' dazu liegen auf derselben Waagerechten wie M, gezeichnet. Gegeben ist ein Umspanner mit $e_k = 7{,}5\%$, $e_r = 2{,}2\%$, also $\alpha = 17°$. Gesucht werden die Spannungsabfälle bei 110% Last und $\cos\varphi = 0{,}75$ nacheilend. Dann ist $\varphi = 42°$, $\varphi + \alpha = 59°$. Im Diagramm findet man unter diesem Winkel als waagerechten Abstand $AB = a = 95$ mm, wenn $u = 100$ mm bei $k_b = 1$ ist. Der Ergänzungswert $CD = b$ ist 1 mm. $a + b = 96$ mm wird im unteren Teil des Bildes zwischen der ε-Achse und der Geraden für $e_k = 7{,}5\%$ als senkrechter Abstand eingesetzt, dabei liest man $\varepsilon = 7{,}2\%$ ab. Bei dem gleichen

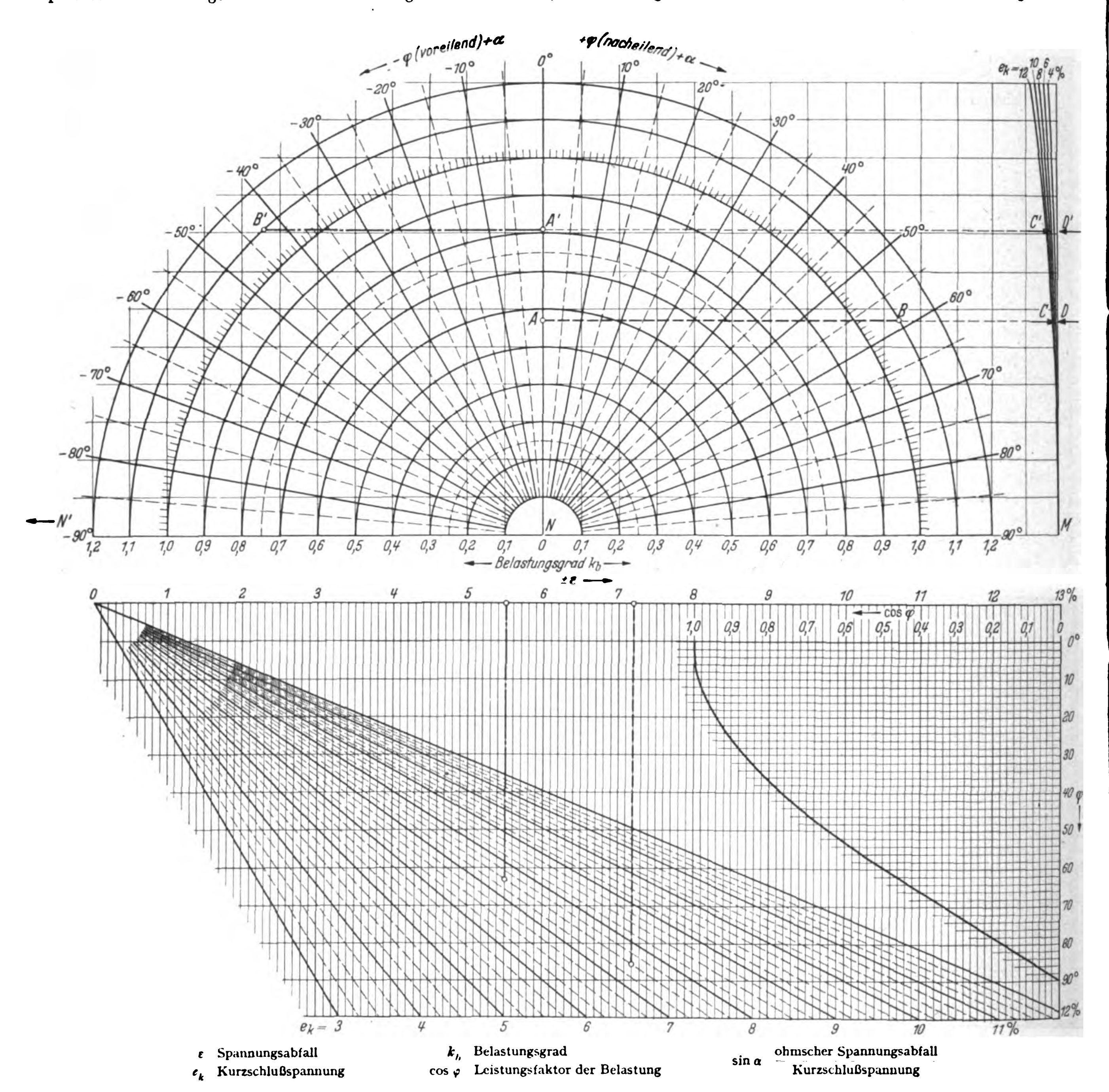


Bild 1. Allgemeines Diagramm zur Bestimmung des Spannungsabfalles von Umspannern für Kurzschlußspannungen bis 12% und Belastungen von Leerlauf bis 120% Nennlast mit beliebigen Leistungsfaktoren.

jedoch links von N. In M wird ebenfalls ein Lot errichtet. Der Teil a wird als waagerechter Abstand AB unter dem Winkel $(\varphi + \alpha)$ zur Senkrechten in N abgelesen, der Teil b auf derselben Waagerechten als Abstand CD zwischen dem zugehörigen Kreisbogen und dem Lot in M. Zur Umrechnung der Summe $(a + b)$ auf den Spannungsabfall ε dient das untere linke Diagramm, während rechts eine $\cos\varphi$-Kurve zum Ablesen des Winkels φ eingezeichnet ist. Gl. (2) kann man durch ein leicht aufzustellendes Nomogramm ersetzen.

Zum besseren Verständnis ist in Bild 1 ein Beispiel ein- Transformator ergibt sich für 110% Last und $\cos\varphi = 0{,}5$ voreilend $\varphi = -60°$, $\varphi + \alpha = -60° + 17° = -43°$. Man erhält $a = -75{,}5$ im linken Quadranten, $b = 2{,}25$ (immer positiv), also $(a + b) = -73{,}25$ mm; das ergibt $\varepsilon = -5{,}5\%$ (Spannungserhöhung).

Wenn man nur mit induktiver oder leicht kapazitiver Last zu rechnen hat, kann man sich mit einem einzigen Quadranten begnügen, so daß sich die Strecken a und b unmittelbar aneinander anschließen. Das untere Teildiagramm im Bild 1 wird man dann besser seitlich anordnen. *Dr. Az.*

RUNDSCHAU

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung

DK 621.315.211.4

Verhalten von Druckkabeln im Betriebe. [Nach W. Vogel, Elektrizitätswirtsch. 40 (1941) S. 20; 3 S., 4 B.]

Das Druckkabel, über das erstmalig 1931[1]) berichtet wurde, ist inzwischen in einer Reihe von Anlagen ausgeführt worden. Dabei sind Erfahrungen und Beobachtungen gewonnen worden, über die nunmehr berichtet wird. Die überwiegend ausgeführte Form des Druckkabels ist die des in ein Stahlrohr eingezogenen Kabels, das unter einem Gasdruck von rd. 15 atü steht. Die anfänglichen Vorurteile gegen die Verwendung einer starren Rohrleitung sind gewichen, nachdem eine Reihe von Anlagen erwies, daß das Rohrsystem auch schwierigen Geländeverhältnissen angepaßt werden kann. Beispiele von Fluß- und Bahnkreuzungen werden angeführt. Die Anpassung der Rohrleitung an die Geländeverhältnisse geschieht an Ort und Stelle, wobei die Rohrleitung nach einem besonderen Verfahren mit

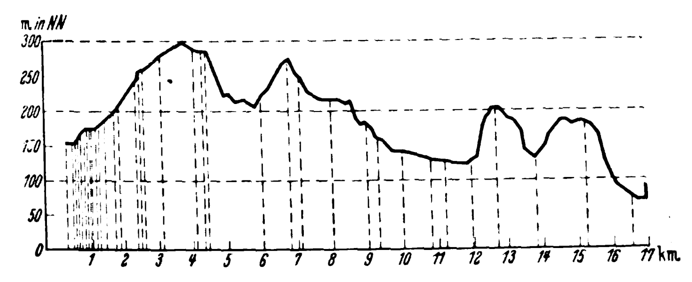


Bild 1. Höhenplan der 50 kV-Druckkabelstrecke.

Faltenbogen wunschgemäß gebogen wird. Die Rohrleitung hat einen hohen Grad von Gasdichtigkeit, so daß das Nachfüllen nur selten nötig wird und keinen erheblichen wirtschaftlichen Aufwand erfordert. Eine Fehlerortbestimmung bei einer Undichtigkeit der Rohrleitung wird folgendermaßen vorgenommen: Von einem Ende her wird in die Rohrleitung soviel Gas, meist Stickstoff, eingedrückt, als dem Verlust gerade entspricht. Dann fließt in der Rohrleitung von der Einströmstelle bis zur Verluststelle ein Gasstrom, während darüber hinaus das Gas im Rohr in Ruhe bleibt. Nun wird systematisch an verschiedenen Stellen ein leicht nachweisbares Fremdgas in die Rohrleitung eingespritzt und durch aufeinanderfolgende Probeentnahmen der Verbleib des Fremdgases verfolgt. Je nachdem das Gas nun an der Einspritzstelle verbleibt oder abwandert, befindet man sich vor oder hinter der Fehlerstelle. Von Bedeutung für die Betriebssicherheit des Druckkabels ist der gute Bestand des Korrosionsschutzes der Rohrleitung, auf den bei Herstellung und Einbau großes Gewicht gelegt wird. Die Rohrleitung bietet natürlich dem Kabel einen guten Schutz gegen äußere Beschädigungen.

Große Beachtung wird dem Verhalten des Rohres und des Kabels unter dem Einfluß der hauptsächlich vom Kabel herrührenden Temperaturschwankungen geschenkt. Während das Rohr fest im Boden liegt, die Längenänderungen elastisch aufnimmt und daher keine Ausdehnungsrillen benötigt, werden für das im Rohr befindliche Kabel Ausdehnungskrümmer vorgesehen, falls nicht die Kabelstrecke selbst viele natürliche Krümmer aufweist. An den Garniturteilen des Druckkabels wurden im Laufe der Entwicklung auch Verbesserungen vorgenommen, insbesondere wurden druckfeste Porzellane für die Endverschlüsse eingeführt, die vor Einbau strengen mechanischen, thermischen und elektrischen Prüfungen unterzogen werden. Schließlich werden einige Eigenschaften des Druckkabels dem Ölkabel gegenübergestellt. Das Druckkabel ist weitgehend vom Gelände unabhängig (Bild 1), während das Ölkabel bei Höhenunterschieden durch Sperrmuffen unterteilt werden muß, um den statischen Öldruck auf den Bleimantel nicht zu stark werden zu lassen. Da die magnetischen Eigenschaften des Stahlrohres nur Dreileiterkabel zulassen, ist im Falle hoher Spannungen und großer Leistungen das Ölkabel als Einleiterkabel im Vorteil. Demnächst wird aber das Druckkabel auch in einer anderen Form ohne Stahlrohr und Bleimantel auftreten.

Sb.

1) ETZ 53 (1932) S. 145 u. 169.

Elektrische Maschinen

DK 621.313.333.2.045.56

Brüche im Kurzschlußkäfig eines Induktionsmotors und ihre Einflüsse auf das Verhalten des Motors. [Nach W. Schuisky, Arch. Elektrotechn. 35 (1941) H. 5, S. 287; 11 S., 10 B.]

Die vorliegende Arbeit hat den Zweck, den Einfluß von möglichen Brüchen im Käfig auf das Verhalten des Induktionsmotors zu übersehen. Ein Bruch kann sowohl bei den Stäben als auch im Ring auftreten. Beide Fälle lassen sich auf dieselbe Weise behandeln. Die normale Stromverteilung im Käfig wird bei Brüchen durch Entstehen eines Zusatzstromes gestört. Der Zusatzstrom bildet sich um die Bruchstelle und erreicht in der Nähe der Bruchstelle eine merkliche Größe, welche aber rasch mit der Entfernung abnimmt. Die Grundwelle des Läuferstrombelages wird bei Anwesenheit von Brüchen immer kleiner als die Grundwelle des unbeschädigten Käfigs. Außerdem entsteht im Luftspalt der Maschine ein gegenlaufendes Drehfeld. Die Maschine verhält sich so, als ob sie an eine niedrigere Spannung angeschlossen wäre und ihr Läuferwiderstand vergrößert würde. Diese fiktiven Änderungen der Spannung bzw. des Läuferwiderstandes sind durch die Größe der Beschädigung gegeben. Der Anlaufstrom wird bei Käfigbrüchen immer kleiner; dagegen sinkt das Anlaufmoment weniger stark. Durch die Anwesenheit eines gegenlaufenden Drehfeldes sind die Ströme in verschiedenen Strängen der Ständerwicklung beim Stillstand ungleich. Durch diese Tatsache können die Käfigbrüche einigermaßen erkannt werden.

Fernmeldetechnik

DK 621.395.331.3

Die Gemeinschaftsanschlüsse der Deutschen Reichspost. [Nach H. Spülbeck, Telegr.-, Fernspr.-, Funk- u. Fernsehtechn. 29 (1940) S. 258; 12 S., 22 B.]

Die Teilnehmeranschlußleitungen der Wenigsprecher werden durchschnittlich je Tag nur etwa 8 min benutzt, was einer Ausnutzung von nur etwa 0,5% der zur Verfügung stehenden Zeit entspricht. Hinzu kommt, daß gerade die Anschlußleitung der teuerste Teil einer Fernsprechanlage für den Ortsverkehr ist. Diese Leitung kann besser ausgenutzt werden, wenn man sie mehreren Teilnehmern zur gemeinsamen Benutzung zur Verfügung stellt. Diesem Zweck dienen die Gemeinschaftsanschlüsse. Zwei Vorläufer der Gemeinschaftsanschlüsse, und zwar die Sp-Leitung und der Gesellschaftsanschluß der Ostmark, werden kurz beschrieben. Nach Erörterung der Gebühren für Gemeinschaftsanschlüsse folgt eine eingehende Beschreibung der Technik der Zweier- und Zehner-Gemeinschaftsanschlüsse. Folgende drei Grundforderungen sind bei der Entwicklung der Gemeinschaftsanschlüsse gestellt und auch erfüllt worden.

1. Wenn ein Gemeinschaftsteilnehmer spricht, müssen die übrigen Gemeinschaftsteilnehmer von den gemeinsamen Einrichtungen abgeschaltet sein, damit das Fernsprechgeheimnis gewahrt bleibt.
2. Außerhalb des Wählamtes sollen keine Stromquellen verwendet werden.
3. Die Gesprächszähler sollen im Wählamt untergebracht sein.

Ein Sprechverkehr zwischen Teilnehmern des gleichen Gemeinschaftsanschlusses ist nicht möglich und im allgemeinen auch nicht erforderlich, weil die Teilnehmer nicht weit voneinander entfernt wohnen. Beim Zweieranschluß geschieht die Wahl zwischen den beiden Gemeinschaftsteilnehmern durch eine Art Weichenschaltung. Der Zehneranschluß verwendet am Knotenpunkt, d. h. dort, wo die Gemeinschaftshauptleitung endet und die sternförmig angeschlossenen Gemeinschaftszweigleitungen beginnen, ein Wählerrelais, das einen Eingang

und zehn Ausgänge besitzt und das in ankommender Richtung vom Wählamt aus über die Gemeinschaftshauptleitung gesteuert wird. In abgehender Richtung arbeitet das Wählerrelais wie ein Anrufsucher. Beim Zehneranschluß mit Durchwahl im Leitungswähler haben alle Teilnehmer einer Gemeinschaft die gleiche Rufnummer; sie unterscheiden sich nur durch eine angehängte Ziffer von 1 bis 10 (0). Im Wählamt ist für die zehn Teilnehmer nur ein Leitungswählerausgang und ein erster Vorwähler dem Gemeinschaftsanschluß fest zugeteilt. Im Gegensatz dazu sind beim Zehneranschluß mit Abgreifer die Rufnummern der zehn Teilnehmer beliebig. Demgemäß sind zehn Leitungswählerausgänge erforderlich. Der Drehwähler in der Amtsübertragung besitzt einen besonderen Schaltarm und Kontaktsatz, wodurch es möglich ist, den Leitungswählerausgang abzugreifen, über den ein Anruf eingegangen ist. Ebenso wie bei Einzelanschlüssen ist es auch bei Gemeinschaftsanschlüssen möglich, den Anschluß einzelner Teilnehmer der Gemeinschaft ankommend, abgehend oder voll zu sperren, auf den Bescheidplatz zu schalten oder zum Fernsprechauftragsdienst umzulegen. Die Umschaltungen werden durch Einsetzen von Steckern in einen Steckverteiler vorgenommen, der neben der Amtsübertragung angebracht ist. Zum Schluß wird auf die Weiterentwicklung der Gemeinschaftsanschlußtechnik hingewiesen, die zum Wählsternschalter geführt hat. Bei diesem wurde ein Sprechverkehr zwischen den zu einem Wählsternschalter gehörenden Sprechstellen vorgesehen. Ein Betriebsversuch mit einem Wählsternschalter für 10 Teilnehmer mit drei Hauptleitungen und einem Wählsternschalter für 20 Teilnehmer mit 4 bis 5 Hauptleitungen wurde eingeleitet. *eb*

DK 621.396.612.3 : 538.561.029.58

Über die Erzeugung hoher Kurzwellenleistung mit Löschfunkenstrecken. [Nach W. Schönfeld, Dissertation an der T. H. Dresden, 1938.]

Es wurde die Schaltung nach Bild 2 benutzt, wobei die primäre und sekundäre Wicklung des Streutransformators auf die beiden Schenkel des Eisenkerns gelegt ist. Sein Über-

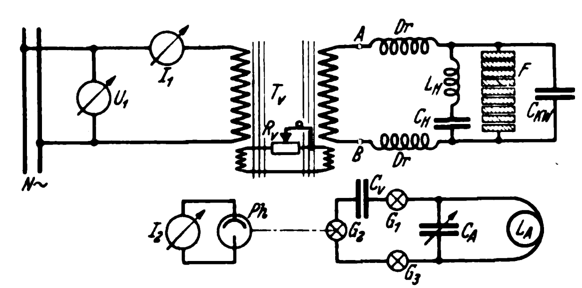


Bild 2. Versuchsschaltung.

setzungsverhältnis ist 1:15. C_H und L_H bilden einen Hilfsschwingkreis. Der aus dem Kurzwellenkondensator C_{KW}, den Zuleitungen zur Funkenstrecke und der 10-teiligen Funkenstrecke F gebildete Schwingkreis ist der Kurzwellenstoßkreis. Die Kopplungswindungen L_A, der Abstimmkondensator C_A, die aus einem geraden Kohlefaden bestehenden Glühlampen G_1, G_2, G_3 und der Kondensator C_V bilden den Verbrauchs- und Meßkreis der Kurzwellenenergie ($C_A \approx 80$ pF und $C_V \approx 40$ pF). Um optimale Betriebsverhältnisse zu erreichen, ergaben sich aus den Untersuchungsergebnissen nachstehende Größen für eine 10-teilige Serienfunkenstrecke: $C_{KW} = 300$ pF; $f_{KW} = 30$ MHz; $C_H = 1200$ pF; $L_H = 0{,}1$ mH; $f_H = 450$ kHz; L_{Str} des Transformators $= 16{,}8$ mH; Summenabstand der 10-teiligen Funkenstrecke $= 0{,}2$ mm; Funkenzahl etwa 100 000 je sec. Die erzeugte Kurzwellenleistung betrug bei 850 W Leistungsaufnahme 220 W. Es berechnet sich ein Wirkungsgrad $\eta = \frac{N_{KW}}{N_{50\sim}} \approx 25\%$. Der Transformator hatte 200 W und die Funkenstrecke etwa 400 W Verlustleistung. Bei zu großem oder zu kleinem C_H steigen diese Verluste in der Funkenstrecke rasch weiter an.

Von den Untersuchungsergebnissen sind folgende Einzelheiten beachtenswert:

Parallel zur Funkenstrecke mußte ein Hilfskreis geschaltet werden; dessen Frequenz im günstigsten Fall etwa 450 kHz betrug. Jede Halbwelle der Hilfsschwingung stößt bei ihrer Rückzündung den Kurzwellenkreis erneut an. Zur Aufnahme der Oszillogramme war $C_H = 30\,000$ pF, $C_{KW} = 300$ pF und $f_H = 15\,000$ Hz gewählt, wobei besonders gut der Anstieg der Ladespannung, der Funkendurchschlag und die von den Halbwellen des Hilfsschwingstromes erzeugten Funkenspannungen erkennbar wurden. An den Umpolstellen der Funkenspannungen wurden kleine Rückzündungsspannungsspitzen deutlich.

Es traten Funken erster und zweiter Art auf. Funken erster Art stoßen Hilfs- und Kurzwellenkreis an, Funken zweiter Art nur den Kurzwellenkreis.

Die Hilfskreiskapazität bestimmt Funkenzahl und Kurzwellenleistung; sie muß so groß gemacht werden, daß der Funke eben noch gut gelöscht wird.

Die Kurzwellenleistung zeigt ausgeprägte Maxima in Abhängigkeit von C_H bei verschiedenen L_H. Diese verschwinden, wenn der Abstand einer Teilfunkenstrecke größer als 0,1 mm gemacht wird.

Im günstigsten Fall besteht der Hilfsschwingzug nur noch aus einer Schwingung.

Je kleiner das Verhältnis C_H/C_{KW} ist, desto geringer ist die Zahl der Schwingungen je Schwingungszug, da der Kurzwellenkondensator als Löschkapazität auf den vom Hilfsschwingstrom aufrechterhaltenen Funken wirkt.

Der Sekundärstrom des Transformators verläuft sinusförmig und ist von Ausgleichsströmen überlagert.

Der Sekundärspannungsverlauf wird ausschließlich von der Funkenstrecke bestimmt. In der Nähe der Nulldurchgänge der Speisespannung treten sehr starke Spannungsüberhöhungen auf.

Theoretische Elektrotechnik

DK 621.316.062

Verfahren zur Entwicklung von Kehrschaltungen. [Nach A. Ritter, Arch. Elektrotechn. 35 (1941) H. 5, S. 299; 7½ S., 6 B.]

Die Umkehrung gegebener Arbeitsstromschaltungen in Ruhestromschaltungen und umgekehrt, also die Entwicklung von Kehrschaltungen (negativen oder inversen Schaltungen) wird mit Hilfe geometrischer (richtiger topologischer) Erwägungen durchgeführt. Das Verfahren läßt eine einfache praktische Anwendung zu und liefert bemerkenswerte Einblicke in die Verwandtschaft von Schaltungen. Eine ohne Kreuzung in der Ebene abbildbare Kontaktverknüpfung mit zwei Polen läßt sich allgemein als ein Bereich einer sogenannten Schaltebene S betrachten, die aus dauernd leitenden, dauernd nichtleitenden und fallweise leitenden Teilen besteht. Die Umgebung des Bereiches zerfällt in vier Teile, zwei Elektroden A und B und zwei nichtleitende Begrenzungen (Ufer) M und N. Dieser Schaltebene S wird eine zweite Schaltebene $\overline{S}$ zugeordnet, in der alle dauernd oder fallweise leitenden Teile durch dauernd bzw. fallweise nichtleitende Teile und umgekehrt ersetzt sind. Die beiden Elektroden A und B werden zu nichtleitenden Ufern $\overline{A}$ und $\overline{B}$, die Ufer M und N zu Elektroden $\overline{M}$ und $\overline{N}$. A und B sind voneinander getrennt, wenn sich zwischen den Ufern M und N ein nichtleitender Riß erstreckt. Diesem durchgehenden Riß entspricht aber in $\overline{S}$ eine durchgehende leitende Verbindung zwischen den Elektroden $\overline{M}$ und $\overline{N}$, das Gebilde $\overline{S}$ antwortet also auf eine Unterbrechung zwischen A und B mit einer Verbindung zwischen $\overline{M}$ und $\overline{N}$. $\overline{S}$ ist somit die gesuchte Kehrschaltung. Zur praktischen Durchführung des Verfahrens werden alle Kontakte der gegebenen Schaltung mit Hilfslinien durchquert und diese Linien innerhalb der Maschen der gegebenen Schaltung zu Knoten vereinigt. Nach Ersatz der Öffnungskontakte durch Schließkontakte und umgekehrt bildet das Hilfsliniennetz bereits die gesuchte Kehrschaltung. Das Verfahren wird durch Beispiele erläutert.

Das ursprünglich für Kontaktverknüpfungen entwickelte schaltgeometrische Umkehrverfahren kann auch auf vollständige Schaltungen mit Stromquellen und Verbrauchern angewandt werden. Urspannungsquellen werden bei der Umkehrung zu Urstromquellen und umgekehrt. Das Umkehrverfahren ergibt zwangläufig zu einer Schaltung mit Urspannungsquelle die entsprechende Schaltung mit Urstromquelle. So geht aus dem gewöhnlichen Parallelverteilsystem das Reihenverteilsystem (das historische System Thury) durch Umkehrung hervor.

Durch Anwendung des Verfahrens auf Schaltungen mit Scheinwiderständen lassen sich frequenzreziproke Schaltungen entwickeln. An Stelle der Einzelüberlegung tritt die gewissermaßen mechanisierte Ableitung durch schaltgeometrische Umkehrung und es wird durch diese Betrachtungsweise das Wesen der Transformation sinnfällig vorgeführt.



VERSCHIEDENES

BEKANNTMACHUNGEN

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker

(Eingetragener Verein)

Fernsprecher: 30 06 31 — Postscheckkonto: Berlin 213 12
Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 181000
Postscheckkonto der ETZ-Verlag GmbH.: Berlin 223 84

Meldung für den Dienst als Wehrmachtsbeamter oder als Angestellter in den Nachrichtenmittelbetrieben der Kriegsmarine.

Angehörigen der technischen Berufe mit Ausbildung oder Kenntnissen auf den Gebieten der Schwachstrom-, Fernmelde- und Hochfrequenztechnik wird Gelegenheit geboten, sich für den Dienst als Wehrmachtbeamter auf Kriegsdauer — oder dauernd — der Marinenachrichtentechnik oder als Angestellter in den Nachrichtenmittelbetrieben der Kriegsmarine einzusetzen. Hierfür können sich melden:

A. Diplom-Ingenieure, Fachrichtungen Fernmelde- und Hochfrequenztechnik
(Vergütung nach Leistungsnachweis TO. A Gr. V bis II)

B. Ingenieure mit HTL-Abschluß oder anerkannte gleichstehende Leistungen, Fachrichtungen Fernmelde- und Hochfrequenztechnik
(Vergütung nach Leistungsnachweis TO. A Gr. V bis IV)

C. Techniker mit dem Abschlußzeugnis einer staatlich anerkannten Schule, Fachrichtungen Fernmelde- und Hochfrequenztechnik, Elektromeister und Elektromechaniker mit nachgewiesener Hochfrequenzpraxis und -ausbildung
(Vergütung nach Leistungsnachweis TO. A Gr. VII bis VI)

D. Technische Kaufleute für Beschaffung und Verwaltung (Lager)
(Vergütung nach Leistungsnachweis TO. A Gr. VII bis V)

Die Verwendung als Angestellter geschieht je nach Wunsch für die Dauer des Krieges oder für dauernd.

Bewerber, die geeignet erscheinen, können sofort als Beamte a. K. einberufen werden; die übrigen Bewerber können, soweit sie geeignet sind, nach zwei Jahren als aktive Wehrmachtbeamte in den Staatsdienst übernommen werden.

Verheiratete Beamte und Angestellte erhalten, wenn sie nicht am Wohnort beschäftigt werden, folgende Trennungsentschädigungen:

Gruppe VII bis VI	RM 4,20	täglich,
Gruppe V bis IV	RM 4,80	,, ,
Gruppe II	RM 5,40	,, .

Auch Ledige, die nachweislich Familienangehörige (auch Eltern) unterhalten, haben Anspruch auf Trennungsentschädigung entsprechend dem Unterhaltsanteil der Angehörigen.

Meldungen sind möglichst bis zum 10. Juli 1941 an die Geschäftsstelle des VDE oder unmittelbar an das Oberkommando der Kriegsmarine, Amtsgruppe Technisches Nachrichtenwesen, Berlin W 30, Luitpoldstr. 29, zu richten.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
Der Geschäftsführer
Viefhaus

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker

Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus



Abkommen über Zulassung von elektrotechnischen Erzeugnissen in Norwegen.

Auf Grund von zwischen dem Verband Deutscher Elektrotechniker e. V. (VDE) und seiner Prüfstelle und der Norske Elektrisitetsverkers Forening (NEVF), Oslo, und der Norges Elektriske Materiellkontroll (NEM), Oslo, getroffenen Vereinbarungen gelten in Zukunft die VDE-Bestimmungen auch für Norwegen. Für den Export in Deutschland hergestellter elektrotechnischer Erzeugnisse nach Norwegen gelten folgende Bestimmungen:

1. Für Erzeugnisse, die nach den norwegischen Bestimmungen einer Zulassung und Registrierung in Norwegen nach erfolgter Prüfung unterliegen, wird in Zukunft die Zulassung und Registrierung in Norwegen nicht von einer Prüfung in Norwegen abhängig gemacht, wenn

a) sie entweder die Berechtigung zur Führung des VDE-Zeichens bzw. VDE-Kennfadens (schwarz-rot, schwarz-rot-grün oder schwarz-rot-blau) oder des Papierkennstreifens (rot - grün) haben und diese gemäß den Bestimmungen der Prüfordnung führen oder

b) durch ein Gutachten (in dem Rundschreiben der NEM vom 11. Mai 1941 Prüfzeugnis genannt) der VDE-Prüfstelle die Erfüllung der VDE-Bestimmungen bestätigt wird.

2. Die Registrierung von Erzeugnissen nach 1. a) und b) durch die NEM ist auch in Zukunft erforderlich. Ein entsprechender Antrag ist durch den Hersteller oder seinen norwegischen Vertreter unter Beifügung eines Musters bei der NEM zu stellen. Für Erzeugnisse nach 1. a) ist dabei anzugeben, durch welchen Genehmigungsausweis der VDE-Prüfstelle die Berechtigung zur Führung des VDE-Zeichens erteilt ist. Für Erzeugnisse nach 1. b) ist das Gutachten der VDE-Prüfstelle oder ein Abdruck davon mit einzusenden. Es empfiehlt sich, die für die Registrierung in Norwegen bestimmte Listen- oder Typennummer bei dem Antrag an die VDE-Prüfstelle anzugeben, damit sie im Genehmigungsausweis oder Gutachten aufgeführt werden kann. Die NEM benachrichtigt den Hersteller von der erfolgten Registrierung.

3. Für nach den bisherigen norwegischen Bestimmungen einer Prüfung oder Registrierung unterliegende Erzeugnisse, die nicht berechtigt sind, das VDE-Zeichen zu führen oder für die ein Gutachten der VDE-Prüfstelle nicht mit eingesandt wird, erfolgt die Prüfung durch die NEM in Zukunft ausschließlich unter Zugrundelegung der VDE-Bestimmungen und des Deutschen Normenwerkes nach dem bisher üblichen Verfahren.

4. Der NEM ist die Berechtigung erteilt worden, für solche in Norwegen hergestellte Erzeugnisse, für die von der VDE-Prüfstelle das VDE-Zeichen erteilt werden kann, im Namen des VDE die Berechtigung zur Führung des VDE-Zeichens zu erteilen. Voraussetzung dafür ist das Bestehen einer Prüfung, die in derselben Weise wie die von der VDE-Prüfstelle durchgeführten Prüfungen erfolgt.

5. Die NEM wird die VDE-Prüfstelle, ohne im allgemeinen eigene Maßnahmen zu ergreifen, von Beanstandungen unterrichten, die sich bei solchen Erzeugnissen gezeigt haben, die auf Grund einer durch die VDE-Prüfstelle durchgeführten Prüfung in Norwegen registriert sind. Sie hat sich aber das Recht vorbehalten, bei Mängeln wesentlicher Art an solchen Erzeugnissen den Vertrieb oder die Verwendung in Norwegen bis zu einer endgültigen Entscheidung zu verbieten.

6. Die Erhebung der Umsatzgebühr in Norwegen wird durch die getroffenen Vereinbarungen nicht berührt.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker
Dall

Maschinen

Der Ausschuß für Maschinen hatte einen Entwurf zu Änderungen und Ergänzungen von

VDE 0530 „Regeln für elektrische Maschinen"

in ETZ 62 (1941) H. 12 S. 313 veröffentlicht. Auf Grund der eingegangenen Anregungen und Einsprüche sind noch einige Abweichungen von der Entwurfsfassung beschlossen worden, die in ETZ 62 (1941) H. 26 S. 595 veröffentlicht sind.

Die sich hiernach ergebende 3. Änderung der ab 1. Januar 1930 gültigen Fassung ist unter der Bezeichnung VDE 0530 c/VI. 41 vom Vorsitzenden des VDE im Juni 1941 genehmigt worden und tritt am 1. Juli 1941 in Kraft.

Sonderdrucke von VDE 0530 c/VI. 41 sind zum Preise von RM 0,10 zuzüglich Versandkosten bei der ETZ-Verlag GmbH, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, erhältlich.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
Der Geschäftsführer
Viefhaus

Sitzungskalender

Fachgruppe Energiewissenschaft, Gauwaltung Wien. 27. 6. (Fr.), 18[15], Haus der Technik: „Reiseeindrücke und Erfahrungen eines deutschen Technikers in Südamerika". L. Mathias.

Physikalische Gesellschaft zu Berlin und Deutsche Gesellschaft für technische Physik, Berlin. 2. 7. (Mi), 18[15], I. Phys. Inst. Universität: „Bild- und Ablenkfehler, die bei elektrischer Ablenkung (konstanter bzw. variabler Ablenkungsspannung) von Elektronenstrahlenbündeln auftreten können". J. Picht.

PERSÖNLICHES

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten)

C. Smeets. — Am 29. 6. sind es 50 Jahre her, seit Herr Direktor Carl Smeets in die Dienste der Eisen- und Maschinenfabrik Döhmer, der heutigen Rheinischen Elektro-Maschinen-Fabrik G. m. b. H. in Crefeld, eintrat. In vieljähriger Reisetätigkeit am Niederrhein konnte Herr Smeets viele tausende Anschlußanlagen den im Ausbau begriffenen Elektrizitätsunternehmungen zuführen. 1904 erhielt Herr Smeets Prokura und wurde 1910 Geschäftsführer und Gesellschafter. Auch in den Kriegs- und Nachkriegsjahren hat er sich eifrigst dem Arbeitsgebiet der Rheinischen Elektro-Maschinen-Fabrik gewidmet und mit viel Geschick und ungewöhnlichem Fleiß auch in schwierigen Zeiten dem Werke und der Elektro-Industrie große Dienste erwiesen. Der Betriebsführer Carl Smeets ist seinen Gefolgschaftern an Arbeitsfreudigkeit und Pflichttreue stets ein Vorbild.



C. Smeets

Hochschulnachrichten. — Der Dr.-Ing. habil. Witold Wiechowski VDE in Prag ist unter Zuweisung an die Fakultät für Maschinenwesen der Deutschen Technischen Hochschule Prag zum Dozenten für das Fach Theoretische Elektrotechnik ernannt worden.

BUCHBESPRECHUNGEN

DK 621.833

Das Zahnrad. Entwicklung und gegenwärtiger Stand. Von C. Matschoß. Nebst Bemerkungen zur Entwicklung der Verzahnung von K. Kutzbach. Mit 118 B. u. 132 S. im Format 176×250 mm. VDI-Verlag GmbH., Berlin 1940. Preis geb. 13,50 RM, für VDI-Mitgl. 12,15 RM.

In seiner „Geschichte des Zahnrades" macht Conrad Matschoß den Versuch, „in erzählender Form den Ingenieuren und Freunden der technischen Entwicklung ... in großer Zusammenfassung die wichtigsten Entwicklungslinien im Werdegang dieses unentbehrlichen Maschinenteils aufzuzeigen". An ausgewählten Beispielen und Bildern wird zunächst Gestalt und Verwendung gezähnter Räder und mannigfacher Zahngetriebe in der Technik des Altertums und des Mittelalters geschildert und insbesondere darauf hingewiesen, daß zuerst bei den Räderuhren eiserne — und späterhin messingne — Zahnräder in Gebrauch kamen, während sonst bis ins 18. und selbst 19. Jahrhundert hinein Holz den meistbenutzten Werkstoff der Zahntriebe bildete. Rühmend wird zugleich der Kunst der alten Mühlenbauer gedacht, die bei stark beanspruchten Getrieben sich bereits der Zahnkränze mit gegeneinander versetzten Zähnen als Vorläufer der neueren Schrägzahnräder bedienten.

Mit besonderer Teilnahme ist dann die Entwicklung im heroischen Zeitalter der Technik, im Zeitalter der Dampfmaschine dargelegt, und hier weitet sich ohne Zweifel die Schilderung zu einer gedrängten Übersicht über die Geschichte der Dampfmaschine und ihres vielseitigen kulturfördernden Einflusses. Liebevoll und anschaulich wird weiterhin von den Schwierigkeiten berichtet, die die zweckmäßige Formgebung der Zähne bereitete, als man in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts sich an den Bau von Getrieben für Umlaufszahlen bis zu 150 je Minute wagte, und es wird nun gezeigt, wie sich hier die Benutzung des Zahnrades im Maschinenbau fördernd auf die Entwicklung der Werkzeugmaschinenindustrie ausgewirkt hat.

Mächtig vorwärtsgetrieben wurde dann die Durchbildung der Zahntriebe durch das Aufkommen des Elektromotors, der Dampfturbine — besonders als Antrieb von Schiffsschrauben — und des Kraftwagens. Das Bild, das Matschoß gerade von diesem Zeitraum um die Wende des 19. Jahrhunderts zum 20. entwirft, zeigt ungemein anschaulich die innige Verflechtung, in der alle Gebiete der Technik miteinander stehen, und gewährt auch dem fachlich ferner Stehenden einen ausgezeichneten Einblick in Wesen und Vielfalt des Ingenieurschaffens. Sie kann ihm sicherlich auch darüber hinaus ein Gefühl für den gleichsam soldatischen Geist vermitteln, in dem alle technische Arbeit getan werden muß mit vollem Verantwortungsbewußtsein und zugleich voller Bereitschaft, für die eigene Person auf eine Anerkennung der Leistung durch die große Öffentlichkeit zu verzichten.

In gleichem Geiste sind Kutzbachs „Bemerkungen zur Entwicklung der Verzahnung" gehalten, in denen zum ersten Male ein wichtiges Teilgebiet der theoretischen technischen Mechanik geschichtlich dargestellt wird. Immer wieder aber klingt durch die Worte des schlicht-nüchternen Berichtes beider Beiträge für den aufmerksam Lauschenden als begleitende Melodie des Ganzen das Hohelied vom Ingenieur als dem schöpferischen Menschen hindurch, und weil gerade in der Gegenwart von Wert und Wesen des Ingenieurtums gar nicht oft und gar nicht eindringlich genug gesprochen werden kann, wünschen wir diesem schönen Beitrag zur Technikgeschichte in allen Kreisen recht viele verständige Leser. Hans Schimank

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Dr.-Ing. A. Avramescu VDE, Bukarest 2, Str. Sft. Constantin 24/III
Marinebaurat Dr.-Ing. K. Heinrich, Kiel, Tirpitzstr. 113
Dipl.-Ing. K. Wesche VDE, Frankfurt (Oder), Finkensteig 27

Abschluß des Heftes: 20. Juni 1941

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE (z. Z. im Felde)
G. H. Winkler VDE (z. Z. im Felde)
H. Hasse VDE und R. Henrichs VDE
Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.

ETZ
ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

INHALT

26. HEFT · 62. JAHRGANG · IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER IN BERLIN W9
(585—600)
26. Juni 1941

